



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και  
στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**«Πλήρης και ελλειμματική άρδευση του φυτού “Τσάι του Βουνού”  
στον Θεσσαλικό κάμπο (τρίτη καλλιεργητική περίοδος)»**

**Κυριάκος Μπακιρτζής**

**Βόλος 2018**

**Πλήρης και ελλειμματική άρδευση του φυτού “Τσάι του Βουνού” στον Θεσσαλικό  
κάμπο (τρίτη καλλιεργητική περίοδος)**

Κυριάκος Μπακιρτζής

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

- 1. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μαρία**, Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με γνωστικό αντικείμενο «Αρδεύσεις – Στραγγίσεις, Υδραυλική», Επιβλέπουσα της Μεταπτυχιακής Διατριβής.
- 2. Δαναλάτος Νικόλαος**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με γνωστικό αντικείμενο «Γεωργία – Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας».
- 3. Δημήρκου Ανθούλα**, Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με γνωστικό αντικείμενο «Εδαφολογία με έμφαση στη Χημεία Εδάφους».

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η προκείμενη μελέτη υποβλήθηκε ως Μεταπτυχιακή Διατριβή στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κα Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη.

Για την επιλογή του θέματος, την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, ευχαριστώ την κα Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Καθηγήτρια Π.Θ., καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης, τον κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή Π.Θ. και την κα. Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια Π.Θ. του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συμμετοχή τους στη διόρθωση και αξιολόγηση αυτής της Διατριβής.

Τέλος, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γιουβάνη Βασίλειο και τον Συμβασιούχο Π.Δ 407/80 κ. Παπανικολάου Χρηστό της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πείραμα αγρού που πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του 2017, διερευνήθηκε η επίδραση της εφαρμογής επιφανειακής ελλειμματικής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας του φυτού *Sideritis raeseri* «Τσάι του Βουνού».

Αξιολογήθηκε η αποδοτικότητα και η εξοικονόμηση της χρήσης του αρδευτικού νερού, με κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό στο 100% και στο 50% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ( $ET_0$ ), που υπολογίστηκε με την μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO 56. Τα πειραματικά τεμάχια οργανώθηκαν σε πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο (RCB) που περιελάμβανε τρεις μεταχειρίσεις με τρεις επαναλήψεις για κάθε μία από αυτές. Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής: α) επιφανειακή στάγδην άρδευση στην οποία εφαρμόστηκε δόση άρδευσης με την οποία καλύπτεται το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας σύμφωνα με την ημερήσια υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO 56, β) επιφανειακή στάγδην άρδευση στην οποία εφαρμόστηκε δόση άρδευσης με την οποία καλύπτεται το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας σύμφωνα με την ημερήσια υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο P-M κατά FAO 56) γ) μάρτυρας όπου δεν έγινε καμία εφαρμογή άρδευσης.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών, την απόδοση της καλλιέργειας σε χλωρό και ξηρό βάρος, καθώς και την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Επίσης λαμβάνονταν μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία αέρα κλπ.) από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας και πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλες οι μεταχειρίσεις στις οποίες έγινε εφαρμογή άρδευσης υπερείχαν σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, τόσο ως προς το ύψος, όσο και ως προς την απόδοση σε χλωρό και ξηρό βάρος. Η έρευνα έδωσε θετικά και ενθαρρυντικά αποτελέσματα, πολύ καλή προσαρμογή του φυτού, μεγάλες αποδόσεις και σύγχρονος σημαντική εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

*Λέξεις κλειδιά:* Τσάι του Βουνού, επιφανειακή στάγδην άρδευση, πλήρης και ελλειμματική στάγδην άρδευση, αυτοματισμός και προγραμματισμός άρδευσης

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   | Σελ.      |
|---|-----------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>   |           |
| 1.1. Γενικά   | 1         |
| 1.2. Σκοπός του πειράματος  | 2         |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>   |           |
| <b>Υδατοκατανάλωση καλλιεργειών</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1. Γενικά   | 3         |
| 1.2. Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56 | 6         |
| 1.3. Η έννοια του φυτικού συντελεστή Kc   | 8         |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>   |           |
| <b>Στάγδην άρδευση</b>  | <b>12</b> |
| 2.1. Γενικά   | 12        |
| 2.2. Γενική σύνθεση συστήματος στάγδην άρδευσης   | 14        |
| 2.3. Ρύθμιση λειτουργίας του δικτύου  | 15        |
| 2.4. Βασικά χαρακτηριστικά στάγδην άρδευσης   | 15        |
| 2.4.1. Πλεονεκτήματα  | 16        |
| 2.4.2. Μειονεκτήματα  | 17        |
| 2.5. Διαδικασία επιλογής και σχεδιασμός του κατάλληλου συγκροτήματος                    | 17        |
| 2.6. Δόσεις άρδευσης  | 18        |
| 2.7. Σχεδιασμός, λειτουργία και διαχείριση  | 19        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>   |           |
| <b>Ελλειμματική άρδευση</b>   | <b>21</b> |
| 3.1. Γενικά   | 21        |

|  |    |
|--|----|
| 3.2. Καμπύλη Παραγωγικότητας Νερού                                   | 22 |
| 3.3. Προγραμματισμός ελλειμματικής άρδευσης                          | 24 |
| 3.4. Πλεονεκτήματα και προϋποθέσεις εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης | 26 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Το Τσάι του Βουνού** **29**

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Εισαγωγή                                      | 29 |
| 4.2. Βοτανική περιγραφή                            | 29 |
| 4.3. Παγκόσμια κατανομή και σημασία για την Ελλάδα | 30 |
| 4.4. Τα γνωστά είδη <i>Sideritis</i> στην Ελλάδα   | 33 |
| 4.5. Η καλλιέργεια του Τσαγιού                     | 37 |
| 4.5.1. Οικολογικές απαιτήσεις                      | 37 |
| 4.5.2. Πολλαπλασιασμός                             | 37 |
| 4.5.3. Εγκατάσταση                                 | 39 |
| 4.5.4. Καλλιεργητικές φροντίδες                    | 40 |
| 4.5.4.1. Καταπολέμηση ζιζανίων                     | 40 |
| 4.5.4.2. Λίπανση                                   | 41 |
| 4.5.4.3. Εχθροί και Ασθένειες                      | 41 |
| 4.5.4.4. Συγκομιδή και Ξήρανση                     | 42 |
| 4.5.4.5. Αποθήκευση                                | 44 |
| 4.5.5. Κόστος                                      | 44 |
| 4.5.6. Αποδόσεις                                   | 44 |
| 4.5.7. Χημική σύσταση                              | 45 |
| 4.5.8. Φαρμακολογικές ιδιότητες                    | 47 |
| 4.5.9. Χρήσεις - Προϊόντα                          | 47 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **Υλικά και Μέθοδοι** **49**

|   |    |
|---|----|
| 5.1. Γενικά   | 49 |
| 5.2. Τοποθεσία πειραματικού αγρού   | 49 |
| 5.3. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού                    | 50 |
| 5.4. Πειραματικός σχεδιασμός  | 54 |
| 5.5. Καλλιεργητικές εργασίες  | 55 |
| 5.5.1. Προετοιμασία του εδάφους   | 55 |
| 5.5.2. Εγκατάσταση καλλιέργειας και διάταξη πειραματικών τεμαχίων         | 55 |
| 5.5.3. Έλεγχος ζιζανίων   | 56 |
| 5.5.4. Λίπανση - Φυτοπροστασία  | 57 |
| 5.6. Άρδευση  | 57 |
| 5.6.1. Επιφανειακή στάγδην άρδευση  | 57 |
| 5.6.2. Συντήρηση συστημάτων άρδευσης                                      | 60 |
| 5.7. Μετρήσεις χαρακτηριστικών της καλλιέργειας                           | 61 |
| 5.7.1. Μέτρηση του ύψους των φυτών  | 61 |
| 5.7.2. Συγκομιδή  | 62 |
| 5.7.3. Μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών                                | 64 |
| 5.7.4. Ξήρανση  | 65 |
| 5.7.5. Μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών                                 | 65 |
| 5.7.6. Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών                                | 65 |
| 5.8. Ποσότητα του νερού άρδευσης  | 66 |
| 5.9. Κλιματικά δεδομένα   | 66 |
| 5.10. Υπολογισμός δόσης άρδευσης  | 68 |
| 5.11. Υπολογισμός ωφέλιμης ή ενεργού βροχόπτωσης (Pe)                     | 69 |
| 5.12. Υπολογισμός αποδοτικότητας εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες (EFF) | 69 |
| 5.13. Υπολογισμός διάρκειας άρδευσης                                      | 70 |
| 5.14. Υπολογισμός εύρους άρδευσης   | 71 |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.15. Αποδοτικότητα χρήσης νερού  | 76        |
| 5.16. Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων  | 77        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>   |           |
| <b>Αποτελέσματα και Συζήτηση</b>  | <b>78</b> |
| 6.1 Γενικά  | 78        |
| 6.2. Κλιματολογικά δεδομένα   | 78        |
| 6.3. Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας   | 80        |
| 6.4. Εφαρμοζόμενη ποσότητα και εξοικονόμηση αρδευτικού νερού                        | 81        |
| 6.5. Αποτελέσματα ανάλυσης ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας | 82        |
| 6.5.1. Ύψος Φυτών   | 82        |
| 6.5.2. Χλωρό και Ξηρό Βάρος Φυτών   | 83        |
| 6.5.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας   | 85        |
| 6.6. Αποδοτικότητα χρήσης νερού   | 87        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>   |           |
| <b>Συμπεράσματα</b>   | <b>89</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>   | <b>91</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>  | <b>97</b> |



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Γενικά

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά κατέχουν ιδιαίζουσα θέση ανάμεσα στους ανθρώπους όλων των λαών κι όλων των εποχών. Το Τσάι του Βουνού, είδος της τοπικής μας χλωρίδας, ανήκει σε μια σειρά από αρωματικά φυτά και βότανα τα οποία χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές ιδιότητές τους, αλλά και για τα δευτερογενή προϊόντα τους, τα αιθέρια έλαια.

Τα είδη του *Sideritis raeseri* αυτοφύονται στις παραμεσόγειες περιοχές σε υψόμετρο άνω των 1000 μέτρων και κυρίως στη χώρα μας. Χρησιμοποιούνται από τον λαό μας, γιατί δίνουν τα αγαπημένα ροφήματα, με το όνομα τσάγια του βουνού.

Η καλλιεργητική πρακτική βελτιώνεται συνεχώς μέχρι σήμερα, όμως δεν έχει βρεθεί ικανοποιητική λύση σε βασικά θέματα, όπως η ζιζανιοκτονία, η τεχνική συγκομιδής, η λίπανση, η ξήρανση και δεν έχουν μελετηθεί οι επιδράσεις της άρδευσης στην καλλιέργεια. Έτσι λοιπόν μέσω της συγκεκριμένης έρευνας, που μελετά την επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια «Τσάι του Βουνού» στον Θεσσαλικό κάμπο, αποσκοπούμε στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την βελτιστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού νερού στην εν λόγω καλλιέργεια τόσο στα αναπτυξιακά όσο και στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

Σκοπός λοιπόν της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η ανάπτυξη του τσαγιού σε χαμηλό υψόμετρο και συγκεκριμένα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο με εφαρμογή ελεγχόμενης άρδευσης. Ήδη στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει η συστηματική καλλιέργεια αρωματικών φυτών όπως η λεβάντα, η ρίγανη κ.λπ.. Έτσι λοιπόν μέσω της συγκεκριμένης έρευνας, που μελετά την επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια «Τσάι του Βουνού» στον Θεσσαλικό κάμπο, αποσκοπούμε στην διεξαγωγή συμπερασμάτων για την βελτιστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού νερού στην εν λόγω καλλιέργεια τόσο στα αναπτυξιακά όσο και στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

Η παρούσα μελέτη αποτελείται από τρία μέρη, το θεωρητικό, το πειραματικό, και τα συμπεράσματα.

Το θεωρητικό μέρος, περιλαμβάνει μία ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η βιβλιογραφία αυτή αναφέρεται στη διαχείριση του νερού, τον προγραμματισμό των

αρδεύσεων και την αποτελεσματικότητα της άρδευσης. Επίσης, δίνεται μία όσο το δυνατόν ακριβής περιγραφή της καλλιέργειας του *Sideritis raeseri*. Παρουσιάζονται οι απαιτούμενες οικολογικές συνθήκες, οι καλλιεργητικές φροντίδες, το πολλαπλασιαστικό υλικό, οι τρόποι μεταφύτευσης, οι εργασίες της συγκομιδής, ξήρανσης και αποθήκευσης, τα προϊόντα και η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου.

Στο πειραματικό μέρος, γίνεται παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, καθώς και των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Στα συμπεράσματα, αναφέρονται τα στοιχεία της παρούσας μελέτης. Επίσης, ακολουθεί συζήτηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την πειραματική εργασία και σύγκριση με τα στοιχεία που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και γίνονται προτάσεις που αφορούν το Τσάι του Βουνού.

## **1.2. Σκοπός του πειράματος**

Σκοπός του πειράματος ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της εφαρμογής επιφανειακής ελλειμματικής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας *Sideritis raeseri* (Τσάι του Βουνού) και η αξιολόγηση της αποδοτικότητας και της εξοικονόμησης της χρήσης του αρδευτικού νερού.

Οι κύριοι στόχοι και η συμβολή της εργασίας στην έρευνα ήταν:

- η εφαρμογή επιφανειακής στάγδην άρδευσης στον αγρό με δόση άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό σύμφωνα με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56.
- η εφαρμογή επιφανειακής ελλειμματικής στάγδην άρδευσης με δόση άρδευσης ίση με το 50% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό σύμφωνα με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56.
- η απόδειξη της εξοικονόμησης και της αποδοτικότητας χρήσης νερού άρδευσης στην καλλιέργεια *Sideritis raeseri* με την εφαρμογή της μεθόδου επιφανειακής ελλειμματικής στάγδην άρδευσης στο 50% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.
- μέτρηση του ύψους, του χλωρού και ξηρού βάρους των φυτών, καθώς και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Υδατοκατανάλωση καλλιεργειών

### 1.1. Γενικά

Στην αναπτυγμένη γεωργία, οι απώλειες της παραγωγής λόγω μη σωστής θρέψης ή φυτοϋγείας έχουν μειωθεί σημαντικά, ενώ αυτές που έχουν σχέση με την διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης συνεχίζουν να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες που προκαλούνται από όλες τις άλλες αιτίες συνολικά. Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σημαντικές προσπάθειες προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του νερού άρδευσης μέσω καλύτερης διαχείρισης. Μέχρι σήμερα, παρότι εξελιγμένα αρδευτικά συστήματα υιοθετούνται από τους καλλιεργητές, η άρδευση στον αγρό πραγματοποιείται στο μεγαλύτερο ποσοστό εμπειρικά. Έτσι γίνεται είτε με βάση οπτικές παρατηρήσεις του εδάφους και των καλλιεργειών είτε με βάση γενικές γνώσεις για τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό ανά στάδιο ανάπτυξης. Στη σύγχρονη γεωργία όμως, από τη στιγμή που το νερό αντιμετωπίζεται σαν οικονομικό αγαθό, το κόστος χρήσης του στο άμεσο μέλλον θα αυξηθεί και η παραπάνω τακτική δεν μπορεί να είναι βιώσιμη. Για να μπορέσουμε να ξεφύγουμε από την εμπειρική άρδευση, ώστε να γίνει η όσον το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του νερού για άρδευση, πρέπει να μπούμε στην λογική του επιστημονικού και ακριβή υπολογισμού των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Η εκτίμηση και ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καθώς επίσης και ο προσδιορισμός των εδαφικών σταθερών όπως είναι η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας, η υδατοϊκανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης, η διαθέσιμη υγρασία, η ωφέλιμη υγρασία κ.λπ., αποτελούν πολύτιμα στοιχεία για την έγκαιρη πληροφόρηση για το σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Η εφαρμογή ορθολογικά σχεδιασμένης άρδευσης ελαχιστοποιεί τους κινδύνους αστοχίας και μη οικονομικών επενδύσεων (Παπαζαφειρίου, 1994).

Αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσής τους σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα των παραγομένων προϊόντων. Ένα φυτό σε ανάπτυξη παίρνει με τις ρίζες του το νερό μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά στοιχεία που, μετά μια διαδρομή μέσα από τους φυτικούς ιστούς, καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί, όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά, το νερό κινείται παραπέρα με τη μορφή υδρατμών προς την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Νερό επίσης χάνεται από το χωράφι με τη διαδικασία της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους, όταν αυτή είναι υγρή. Το νερό που απομακρύνεται από το χωράφι με τις διαδικασίες αυτές

αποτελεί την εξατμισοδιαπνοή. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας και των συνθηκών που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το φύλλωμά της.

Τα είδη των φυτών που απαρτίζουν τις διάφορες καλλιέργειες διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά τη βλαστική τους περίοδο, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα, την έκταση και την ανακλαστικότητα του φυλλώματος και τον τρόπο που καλλιεργούνται. Οι διαφορές αυτές συνεπάγονται αντίστοιχες διαφοροποιήσεις της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργεια σε καλλιέργεια.

Γενικά, η εξατμισοδιαπνοή είναι ένα φαινόμενο εξάτμισης που γίνεται κάτω από κάποιες ειδικές συνθήκες. Για να υπάρξει εξάτμιση χρειάζεται ενέργεια και, συγκεκριμένα, για την εξάτμιση ενός γραμμαρίου νερού χρειάζεται ενέργεια ίση περίπου με 590 cal. Στη φύση η πηγή που προμηθεύει την ενέργεια αυτή στις καλλιέργειες είναι ο ήλιος. Όταν οι υδρατμοί εγκαταλείψουν την καλλιέργεια γίνονται μέρος της ατμόσφαιρας και υπόκεινται σε όλες τις διαδικασίες ανάμιξης που αποσκοπούν στην ομογενοποίηση σε ότι αφορά την πυκνότητα, τη σύνθεση και τη θερμοκρασία του αέρα που περιβάλλει το φύλλωμα. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής είναι συνάρτηση της κινητικότητας των υδρατμών που, κατά κύριο λόγο, διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Τα παραπάνω δείχνουν ότι η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας διαμορφώνεται: α) από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμά της και β) από κλιματικούς παράγοντες, κυριότεροι από τους οποίους είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Κάθε σχέση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, για να είναι αξιόπιστη, πρέπει να βασίζεται στην ποσοτική εκτίμηση των παραμέτρων που έχουν σχέση με την καλλιέργεια και το κλίμα.

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας εκφράζεται με τον όρο ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας και αντιπροσωπεύεται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ( $ET_c$ ), είναι δε η εξατμισοδιαπνοή αυτή το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης κάτω από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται. Κατά τον ορισμό αυτό, η  $ET_c$  είναι ισοδύναμη με τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή ( $ET_{max}$ ). Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες ενός χωραφίου (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα εδαφικής

υγρασίας, προσβολή ή όχι από ασθένειες, γονιμότητα του χωραφιού κ.ά.) αναφέρεται σαν πραγματική εξατμισοδιαπνοή ( $ET_a$ ) της οποίας, σύμφωνα με τα παραπάνω, το άνω όριο της είναι η  $ET_{max}$ .

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, εξαρτάται από το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η επίδραση του κλίματος στην  $ET_c$  εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή ( $ET_r$  ή  $ET_o$ ), η οποία ορίζεται σαν η εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια «αναφοράς ή βάσης» που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. Σαν καλλιέργεια βάσης συνήθως θεωρείται ένας εκτεταμένος χορτοτάπητας που σκιάζει πλήρως το έδαφος και έχει ομοιόμορφο ύψος από 8 μέχρι 15 cm. Άλλοι θεωρούν σαν καλλιέργεια βάσης τη μηδική. Ακόμη, σαν τέτοια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μια «ιδεατή» καλλιέργεια με «επιθυμητά» χαρακτηριστικά. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς θεωρείται ότι διαμορφώνεται από τους κλιματικούς και μόνο παράγοντες μιας περιοχής. Η εξατμισοδιαπνοή κάθε άλλης καλλιέργειας διαφέρει από τη βασική εξατμισοδιαπνοή σαν συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά, από αυτά της καλλιέργειας βάσης.

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και το είδος των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο διασύνδεσής τους. Μπορεί να υπολογιστεί είτε με άμεσες είτε με έμμεσες μεθόδους (Παπαζαφειρίου, 1984; Rana and Katerji, 2000).

Οι άμεσες μέθοδοι υπολογισμού χαρακτηρίζονται ως πιο ακριβείς. Τέτοιες μέθοδοι βασίζονται κυρίως στη χρήση του λυσιμέτρου, στη μέθοδο των πειραματικών αγρών, στη μέθοδο των επαναληπτικών δειγματοληψιών και στη μέθοδο του ισοζυγίου της υγρασίας.

Οι έμμεσες μέθοδοι βασίζονται στον υπολογισμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Αυτές μπορεί να είναι είτε μικροκλιματικές, και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, την αεροδυναμική μέθοδο, τη μέθοδο του ισοζυγίου της ενέργειας, ή σε συνδυασμό αυτών, είτε μέσω μεθόδων χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα, όπως, η μέθοδος Penman (1963), η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Cridle, η μέθοδος Hargreaves-Samani (1985) και η μέθοδος Penman-Monteith κατά FAO-56. Από αυτές η τελευταία θεωρείται ως η πλέον κατάλληλη, έμμεση μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς,  $ET_o$  (Allen et al., 1998; Rana and Katerji, 2000).

## 1.2. Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών, έχει προτείνει την δημοφιλή και ευρέως γνωστή εξίσωση των Penman-Monteith (Allen et al., 1998) ως την πλέον κατάλληλη μέθοδο υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς  $ETo$ .

Η εξίσωση που εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ETo$  από τους Penman-Monteith είναι:

$$ETo = \left[ 0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_z^0 - e_z) \right] [\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)]^{-1} \quad [1.1]$$

όπου:

$ETo$  είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς χορτοτάπητα σε  $mm \cdot d^{-1}$ ,

$R_n$  και  $G$  είναι σε  $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ,

$T$  είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε  $^{\circ}C$ ,

$\gamma$  και  $\Delta$  είναι σε  $kPa \cdot ^{\circ}C^{-1}$ ,

$u_2$  είναι η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2m σε  $m \cdot s^{-1}$ ,

$e_z^0$  και  $e_z$  είναι σε kPa.

$$\Delta = \frac{4099e_a}{(T+237,3)^2} \quad [1.2] \quad \text{και} \quad e_a = 0,611 \exp\left(\frac{17,27T}{T+237,3}\right) \quad [1.3]$$

$$\gamma = \frac{Pc_p}{0,622\lambda} \quad [1.4] \quad \text{και} \quad \lambda = 2,501 - (0,002361T) \quad [1.5]$$

όπου:

$e_a$  είναι σε kPa,

$T$  είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε  $^{\circ}C$ ,

$P$  η βαρομετρική πίεση σε kPa ( $P = 101,2882$  kPa),

$c_p$  είναι ίσο με  $1,003 \cdot 10^{-3} MJ \cdot kg^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$  και

$\lambda$  είναι η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε  $MJ \cdot kg^{-1}$ .

$$R_n = (1 - a)R_s - \left( a_c \frac{R_s}{R_{so}} + b_c \right) (a_1 + b_1 e_d^{\frac{1}{2}}) \sigma \frac{(T_{kmax}^4 + T_{kmin}^4)}{2} \quad [1.6]$$

όπου:

$\alpha = 0,23$ ,  $\alpha_c = 1,35$ ,  $b_c = -0,35$ ,  $\alpha_1 = 0,34$ ,  $b_1 = -0,14$ ,  $e_d = 1,56$  kPa,

$$T_{kmax} = (273,15 + T_{max}) \quad [1.7] \quad \text{και} \quad T_{kmin} = (273,15 + T_{min}) \quad [1.8] \quad \text{σε } ^\circ K,$$

$R_s$  είναι η ηλιακή ακτινοβολία σε  $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$

$R_{so}$  είναι η ακτινοβολία ολικής αιθρίας σε  $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  και

$T_{max}$  και  $T_{min}$  η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αντίστοιχα σε  $^\circ C$ .

Το  $R_{so}$  υπολογίζεται από τον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 1.1.** Μέσες ημερήσιες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ολικής αιθρίας,  $R_{so}$ , σε  $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ , για διάφορα βόρεια γεωγραφικά πλάτη.

| Μήνας       | Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος |       |       |       |
|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|
|             | 30°                      | 35°   | 40°   | 45°   |
| Ιανουάριος  | 17,46                    | 14,95 | 12,27 | 9,34  |
| Φεβρουάριος | 21,65                    | 19,55 | 17,04 | 14,36 |
| Μάρτιος     | 25,96                    | 24,58 | 22,90 | 20,64 |
| Απρίλιος    | 29,85                    | 29,31 | 28,34 | 27,21 |
| Μάιος       | 32,11                    | 32,11 | 32,11 | 31,53 |
| Ιούνιος     | 33,20                    | 33,49 | 33,49 | 33,37 |
| Ιούλιος     | 32,66                    | 32,95 | 32,66 | 32,36 |
| Αύγουστος   | 30,44                    | 30,14 | 29,18 | 28,05 |
| Σεπτέμβριος | 26,67                    | 25,25 | 23,74 | 22,06 |
| Οκτώβριος   | 22,48                    | 20,52 | 18,42 | 16,04 |
| Νοέμβριος   | 18,30                    | 15,91 | 13,52 | 10,89 |
| Δεκέμβριος  | 16,04                    | 13,52 | 10,76 | 8,25  |

$$G = 0,38(T_{day,i} - T_{day,i-1}) \quad [1.9]$$

όπου:

$T_{day}$  η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε  $^\circ C$ .

$$e_z^0 - e_z = \frac{1}{2} [e_z^0(T_{max}) + e_z^0(T_{min})] - e_d \quad [1.10]$$

όπου:

$$e_z^0(T_{max}) = 3,38639[(7,38 \cdot 10^{-3} T_{max} + 0,8072)^8 - 1,9 \cdot 10^{-5} |1,8 T_{max} + 48| + 1,316 \cdot 10^{-3}] \quad [1.11]$$

$$e_z^0(T_{\min}) = 3,38639[(7,38 \cdot 10^{-3}T_{\min} + 0,8072)^8 - 1,9 \cdot 10^{-5}|1,8T_{\min} + 48| + 1,316 \cdot 10^{-3}] \quad [1.12]$$

$$\text{και } .e_d = 0,611 \exp\left(\frac{17,27T_{\min}}{T_{\min} + 237,3}\right) \quad [1.13].$$

Η εξίσωση απαιτεί πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία (γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο), την θερμοκρασία αέρα (μέσες ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες σε °C), την υγρασία (μέση ημερήσια πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα σε kPa), την ακτινοβολία (μέση ημερήσια καθαρή ακτινοβολία σε MJ/m<sup>2</sup> day) και την ταχύτητα ανέμου (μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου σε m/sec), μετρημένη σε ύψος 2m πάνω από το έδαφος (Allen et al., 1998).

### 1.3. Η έννοια του φυτικού συντελεστή K<sub>c</sub>

Η βασική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς. Οι φυτικοί συντελεστές αντιπροσωπεύουν τη διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής μιας οποιασδήποτε άλλης καλλιέργειας από αυτή της καλλιέργειας αναφοράς (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997) και εκφράζονται από τη σχέση

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad [1.13]$$

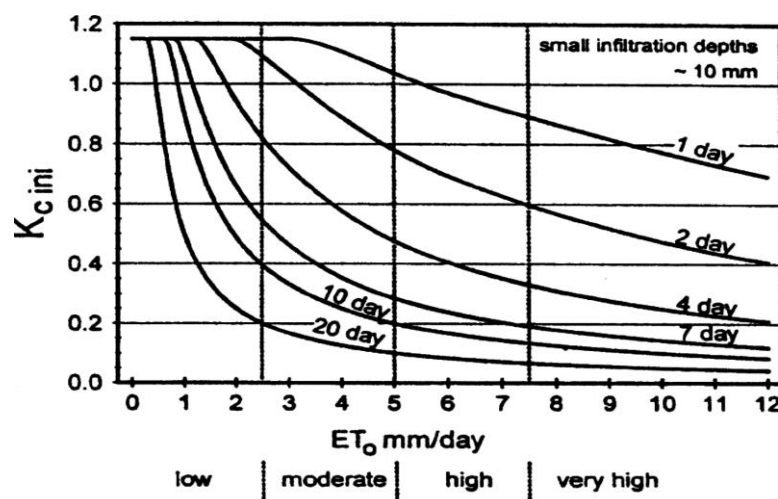
όπου K<sub>c</sub> είναι ο αδιάστατος φυτικός συντελεστής μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας που βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες εδαφικής υγρασίας, ET<sub>c</sub> είναι η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και ET<sub>o</sub> είναι η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (Παπαζαφειρίου, 1999). Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά και για την ίδια καλλιέργεια παρουσιάζουν διακύμανση κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές τους διαμορφώνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται, την καλλιεργητική πρακτική και τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Για τις ετήσιες καλλιέργειες, επιπρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν το K<sub>c</sub> είναι ο χρόνος σποράς ή φύτευσης, ο ρυθμός ανάπτυξης και η συχνότητα των βροχών και αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδιο της ανάπτυξής τους. Στις πολυετείς χορτοδοτικές καλλιέργειες το K<sub>c</sub> επηρεάζεται από τον αριθμό των κοπών. Λόγω των διαφοροποιήσεων αυτών η διερεύνηση των



φυτικών συντελεστών γίνεται κατά κατηγορίες καλλιεργειών (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Για τη διευκόλυνση του προσδιορισμού των τιμών των συντελεστών αυτών, η βλαστική περίοδος κάθε καλλιέργειας χωρίζεται σε τέσσερα κύρια στάδια ανάπτυξης. Τα στάδια αυτά είναι:

Στάδιο 1ο: Αρχικό στάδιο ή στάδιο εγκατάστασης ( $K_{c\ ini}$ ). Το στάδιο αυτό αρχίζει με τη σπορά ή φύτευση και φτάνει μέχρι την οριστική εγκατάσταση της καλλιέργειας. Κατά το στάδιο αυτό το ποσοστό κάλυψης του εδάφους είναι από μηδενικό μέχρι το πολύ ίσο με 10%, οπότε η  $ET_c$  κυριαρχείται από την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους, λόγω του πολύ μικρού ποσοστού φυτοκάλυψης, το μέγεθος της οποίας διαμορφώνεται από την υγρότητα της επιφάνειας, η οποία εξαρτάται από τη συχνότητα των βροχών ή/και των αρδεύσεων. Η τιμή του φυτικού συντελεστή κατά το αρχικό στάδιο θεωρείται σταθερή και υπολογίζεται από ένα διάγραμμα που έδωσαν οι Doorenbos και Pruitt (1977) σαν συνάρτηση της συχνότητας των βροχών ή και των αρδεύσεων και της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Το διάγραμμα αυτό δίνεται παρακάτω (Διάγραμμα 1.1.).



**Διάγραμμα 1.1.** Υπολογισμός του φυτικού συντελεστή κατά FAO-24 του αρχικού σταδίου σε συνάρτηση με τη συχνότητα των βροχών ή/και των αρδεύσεων και της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

Στάδιο 2ο: Στάδιο ταχείας ανάπτυξης ή στάδιο κύριας βλάστησης ( $K_{c\ dev}$ ). Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από την έντονη ανάπτυξη των φυτών, αρχίζει μετά το τέλος του προηγούμενου σταδίου και τελειώνει με την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια. Το έδαφος θεωρείται πλήρως καλυμμένο όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης είναι περίπου 70%. Η σταδιακή

αύξηση του ποσοστού κάλυψης συνεπάγεται μια συνεχή μεταβολή του φυτικού συντελεστή, που αρχίζει από μια ελάχιστη τιμή που είναι ίση με αυτή του αρχικού σταδίου και φτάνει μέχρι μια μέγιστη τιμή, όταν το φύλλωμα καλύψει πλήρως την επιφάνεια του χωραφιού, η οποία είναι ίση με τον φυτικό συντελεστή του επόμενου σταδίου. Η μεταβολή του  $K_c$  κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού θεωρείται γραμμική και μπορεί να υπολογιστεί για οποιοδήποτε χρόνο σαν συνάρτηση των τιμών των  $K_c$  του προηγούμενου και του επόμενου σταδίου.

Στάδιο 3ο: Στάδιο μέσης περιόδου ή στάδιο διαμόρφωσης της παραγωγής ( $K_{c \text{ mid}}$ ). Κατά το στάδιο αυτό η κάλυψη του εδάφους από τα φυτά είναι πλήρης και περιλαμβάνει την περίοδο ανθοφορίας και σχηματισμού των καρπών. Λόγω της πλήρους φυτοκάλυψης, η τιμή του  $K_c$  παραμένει σταθερή για όλη την περίοδο και διαμορφώνεται στο υψηλότερο επίπεδο όλης της βλαστικής περιόδου. Προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε καλλιέργεια και τόπο, αφού στη διαμόρφωσή της ασκούν σημαντική επίδραση οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Στάδιο 4ο: Τελικό στάδιο ή στάδιο ωρίμανσης ( $K_{c \text{ end}}$ ). Κατά το στάδιο αυτό συντελείται η ωρίμανση των καρπών και τερματίζεται με τη συγκομιδή. Το στάδιο αυτό έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες, αφού η ποιότητα και ποσότητα των συγκομιζόμενων προϊόντων έχει άμεση σχέση με το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας και τις φυσιολογικές διαφοροποιήσεις των φυτών που γίνονται κατά τη διάρκειά του. Λογικά, η τιμή του  $K_c$  του σταδίου αυτού πρέπει να μειώνεται όσο προχωρούμε προς το χρόνο συγκομιδής. Η τιμή του  $K_c$  σε οποιοδήποτε χρόνο μπορεί να βρεθεί από την τιμή του  $K_c$  του σταδίου μέσης περιόδου και αυτής κατά τη συγκομιδή, η οποία προσδιορίζεται πειραματικά.

Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου και των επί μέρους σταδίων ανάπτυξης διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια και επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο. Για το λόγο αυτό, πρώτο μέλημα στη διαδικασία προσδιορισμού των φυτικών συντελεστών είναι ο καθορισμός της βλαστικής περιόδου και των επί μέρους σταδίων ανάπτυξης για κάθε εδαφικό διαμέρισμα (Παπαζαφειρίου, 1999). Για την καλλιέργεια του *Sideritis raeseri* που χρησιμοποιήθηκε στο εν λόγω πείραμα η τιμή του  $K_c$  ήταν 0,95 καθώς βρισκόμαστε στην τρίτη καλλιεργητική περίοδο όπου το φυτό βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη.

Γνωρίζοντας τις τιμές του  $K_c$  κατά τη διάρκεια του αρχικού, του σταδίου ταχείας ανάπτυξης και του τελικού σταδίου μπορούν να υπολογιστούν με την βοήθεια του Πίνακα 1.2 και οι τιμές του  $K_c$  και των υπολοίπων σταδίων (Allen et al., 1998).

**Πίνακας 1.2.** Υπολογισμός φυτικών συντελεστών στα διάφορα στάδια ανάπτυξης.

| Στάδιο   | Διάρκεια Σταδίου | Φυτικός Συντελεστής ( $K_c$ )  |  |
|----------|------------------|--|--|
|          |                  | $i$ = ημέρα του βιολογικού κύκλου του φυτού  | Στο μέσον των σταδίων 2 και 4                  |
| Στάδιο 1 | $T_1$            | $K_{cini}$   |  |
| Στάδιο 2 | $T_2$            | $K_{c2(i)} = K_{cini} + \frac{K_{cmid} - K_{cini}}{T_2} \cdot (T_i - T_1)$             | $K_{c2(T2/2)} = \frac{K_{cmid} + K_{cini}}{2}$ |
| Στάδιο 3 | $T_3$            | $K_{cmid}$   |  |
| Στάδιο 4 | $T_4$            | $K_{c4(i)} = K_{cmid} - \frac{K_{cmid} - K_{cend}}{T_4} \cdot (T_i - T_1 - T_2 - T_3)$ | $K_{c4(T4/2)} = \frac{K_{cmid} + K_{cend}}{2}$ |
|          |                  | $K_{cend}$   |  |

όπου  $i$ : είναι μια ημέρα της καλλιεργητικής περιόδου

$T_{i,1,2,3,4}$ : είναι η διάρκεια του σταδίου σε ημέρες που βρίσκεται η καλλιέργεια

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Στάγδην άρδευση

#### 2.1. Γενικά

Άρδευση ονομάζεται η παροχή νερού στις καλλιέργειες, με τεχνητά μέσα, συμπληρωματικά προς τις βροχοπτώσεις, για την κάλυψη των αναγκών των φυτών (Στρουθόπουλος, 1995).

Γενικά, οι μέθοδοι άρδευσης μπορούν να ταξινομηθούν κατά διάφορους τρόπους ανάλογα με τα κριτήρια ή χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη, σε κάθε περίπτωση, για την ταξινόμηση.

Έτσι, ανάλογα με το αν η διαβροχή της επιφάνειας του εδάφους είναι ολική ή μερική, διακρίνονται σε μεθόδους ολικής ή τοπικής άρδευσης.

Ανάλογα με τη θέση χορήγησης του νερού σε σχέση προς την επιφάνεια του εδάφους διακρίνονται σε μεθόδους υπόγειας, υπο-επιφανειακής και επιφανειακής άρδευσης. Σημειώνεται ότι η υπόγεια, διαφέρει από την υπο-επιφανειακή, στο ότι μ' αυτήν το νερό χορηγείται σε βαθύτερα στρώματα και ανεβαίνει μετά μέχρι το ριζόστρωμα με τριχοειδή κίνηση, ενώ με την υπο-επιφανειακή, το νερό χορηγείται λίγο κάτω από την επιφάνεια, κατευθείαν μέσα στη ζώνη του ριζοστρώματος.

Ανάλογα με το είδος της ροής, κατά τη διανομή του νερού μέσα στην καλλιέργεια, έχουμε μεθόδους ελεύθερης ροής και μεθόδους ροής υπό πίεση.

Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο διανομής του νερού στα φυτά, έχουμε διάφορες μεθόδους, όπως κατάκλυση, αυλάκια, πορώδεις σωλήνες, μικροεκτοξευτήρες, στάγδην κ.λπ..

Το σύνολο των μεθόδων, που υπάγονται στην κατηγορία της τοπικής επιφανειακής άρδευσης με ροή υπό πίεση, αποτελούν τις μεθόδους που συνήθως αποκαλούνται μέθοδοι ή συστήματα τοπικής άρδευσης.

Οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης, ανάλογα με το σχήμα της επιφάνειας του εδάφους που διαβρέχουν, διακρίνονται σε μεθόδους σημειακής διαβροχής (π.χ. συστήματα στάγδην), γραμμικής διαβροχής (π.χ. πορώδεις σωλήνες) ή κυκλικής διαβροχής (π.χ. μικροεκτοξευτήρες).

Με τη γενική ονομασία μέθοδοι τοπικής ή μερικής άρδευσης χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι εκείνες που χορηγούν το νερό κατευθείαν στις ζώνες της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας

των φυτών και μόνον εκεί, αντίθετα από διάφορες παραδοσιακές μεθόδους (κατάκλυση, καταιονισμός), που χορηγούν το νερό σ' ολόκληρη την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια.

Κατά τους Decroix και Malaval (1985), τοπική άρδευση είναι μια μέθοδος που περιλαμβάνει συστήματα με μόνιμα δίκτυα διανομής υπό πίεση, τα οποία χορηγούν το νερό σε μέρος μόνο της επιφάνειας του εδάφους.

Η στάγδην άρδευση ανήκει στις μεθόδους τοπικής άρδευσης και χαρακτηρίζεται βασικά από το ότι χορηγεί το νερό στα φυτά με μικρές και συχνές δόσεις.

Κατά τους Ισραηλινούς Halevy et al. (1972), η στάγδην άρδευση αποτελεί μια τεχνική που προορίζεται να θέσει το νερό και τα λιπάσματα κατευθείαν στη διάθεση των ριζών με διανεμητές ειδικά σχεδιασμένους και υπολογισμένους για πολύ μικρές παροχές, έτσι ώστε η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος να είναι τρισδιάστατη και η τάση του να διατηρείται συνεχώς σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Κατά τους Αμερικανούς Gustafson et al. (1974), στάγδην άρδευση είναι η διανομή του νερού με μικρές ποσότητες, σε συχνά διαστήματα, από διανεμητές που ονομάζονται σταλακτήρες και τοποθετούνται κατά προκαθορισμένα διαστήματα στους σωλήνες διανομής. Η παροχή των σταλακτήρων πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή, ώστε η κίνηση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους να είναι αρκετά περιορισμένη και να μη δημιουργείται «λίμνασμα νερού».

Από φυτοτεχνικής πλευράς οι μέθοδοι των τοπικών αρδεύσεων επιδιώκουν τον ίδιο σκοπό που επιδιώκει και η γενικευμένη πια στην πράξη τεχνική της τοπικής λίπανσης. Δηλαδή χορήγηση του νερού ακριβώς στις θέσεις από τις οποίες πρόκειται να παραληφθεί και να αξιοποιηθεί από τα φυτά, ώστε να βελτιωθεί η θρέψη τους, να περιοριστούν κατά το δυνατόν οι απώλειες και ν' αυξηθεί κατά συνέπεια η αποτελεσματικότητα της άρδευσης.

Η ομοιότητα αυτή των σκοπών της τοπικής άρδευσης και της τοπικής λίπανσης αντανακλάται στην πρακτική των διάφορων συστημάτων τοπικής άρδευσης, στα οποία η χορήγηση του νερού συνοδεύεται σχεδόν πάντοτε από παράλληλη χορήγηση και των λιπασμάτων, τα οποία προστίθενται στο νερό της άρδευσης.

Από οικονομικής πλευράς, οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης προορίζονται να δώσουν λύση στο πρόβλημα της μείωσης του κόστους εφαρμογής του νερού με περιορισμό κυρίως των απαιτούμενων εργατικών χεριών. Αυτό το επιτυγχάνουν με τη μεταφορά και διανομή του νερού στα φυτά με πλήρη, μόνιμα, δίκτυα και κατάλληλους αυτοματισμούς. Γι' αυτό και στην

πράξη τα συστήματα τοπικής άρδευσης συνηθίζεται να ονομάζονται από τους αγρότες και τους εγκαταστάτες συστήματα αυτόματης άρδευσης.

Σε όσους βιώνουν ή γνωρίζουν την καθημερινή πραγματικότητα της Ελληνικής γεωργίας, είναι γνωστό πως η άρδευση αποτελεί μια από τις πιο καθοριστικές καλλιεργητικές εργασίες που λαμβάνουν χώρα στον αγρό, επηρεάζοντας την τελική απόδοση των καλλιεργειών.

## **2.2. Γενική σύνθεση συστήματος στάγδην άρδευσης**

Με τον όρο σύστημα στάγδην άρδευση εννοείται ένα σύνολο σωληνώσεων, εξαρτημάτων, μηχανισμών κ.λπ. μικροϋλικών, μόνιμα εγκατεστημένων σύμφωνα με μελετημένη διάταξη, ώστε να εξασφαλίζουν τη μεταφορά και ομοιόμορφη διανομή του νερού στα φυτά της καλλιέργειας και να επιτρέπουν διάφορους βαθμούς αυτοματισμού στην εφαρμογή του νερού και στην εκτέλεση διάφορων καλλιεργητικών φροντίδων.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου.

Ειδικότερα, τα βασικά μέρη ενός τυπικού συστήματος στάγδην άρδευσης είναι τα παρακάτω (Μιχελάκης, 1988):

- σταλακτήρες
- σωληνώσεις
- εξαρτήματα συνδεσμολογίας
- κέντρο ελέγχου ή κεφαλή
- πηγή πίεσης.

Εκτός από τα βασικά αυτά μέρη, ένα σύστημα στάγδην άρδευσης περιλαμβάνει και διάφορους μηχανισμούς, οι οποίοι εξασφαλίζουν καθένας ανάλογες λειτουργικές δυνατότητες στο δίκτυο.

Συνήθως σε ένα δίκτυο περιλαμβάνονται μηχανισμοί διήθησης του νερού, αυτοματισμού της λειτουργίας, υδρολίπανσης κ.ο.κ..

Καθένας από τους μηχανισμούς αυτούς αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων, τα περισσότερα από τα οποία συνήθως βρίσκονται στη κεφαλή του δικτύου.

### 2.3. Ρύθμιση λειτουργίας του δικτύου

Για να θεωρηθεί σωστή η λειτουργία ενός δικτύου στάγδην άρδευσης απαιτεί την διενέργεια κάποιων χειρισμών. Αυτοί οι χειρισμοί σχετίζονται με:

- την έναρξη και παύση της λειτουργίας του δικτύου,
- τη διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων του και
- τη ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και των φορτίων στην αρχή του δικτύου και των αγωγών τροφοδοσίας.

Η απλούστερη ρύθμιση γίνεται με την τοποθέτηση στις κατάλληλες θέσεις χειροκίνητων διακοπών (βανών) και στην περίπτωση αυτή όλοι οι χειρισμοί γίνονται με το χέρι από τον υδρονομέα. Ένας άλλος τρόπος ρύθμισης πραγματοποιείται με τη βοήθεια συγκεκριμένων βαλβίδων. Αυτές κλείνουν αυτόματα όταν περάσει μια ορισμένη ποσότητα νερού για την οποία έχουν ρυθμιστεί. Μπορούν να τοποθετηθούν είτε στην αρχή του δικτύου, είτε στην αρχή των μονάδων του. Όταν ένα δίκτυο αποτελείται περισσότερες της μιας μονάδες, η διαδοχική χορήγηση νερού μπορεί να γίνει αυτόματα με διαφραγματικές βαλβίδες.

Υπάρχει περίπτωση να αυτοματοποιηθεί η λειτουργία ενός δικτύου, με τη βοήθεια ενός προγραμματιστή. Ο προγραμματιστής αυτός θα ρυθμίζει, σύμφωνα με το πρόγραμμα άρδευσης, τη διαδοχική λειτουργία των ηλεκτρονικών διαφραγματικών βαλβίδων που είναι τοποθετημένες στην αρχή κάθε μονάδας (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### 2.4. Βασικά χαρακτηριστικά στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τη στάγδην άρδευση (Μιχελάκης, 1988) είναι:

- *Μικρή παροχή νερού.* Η παροχή του νερού κατά σταλάκτη στη στάγδην άρδευση κυμαίνεται ανάλογα με το σύστημα, οπωσδήποτε όμως είναι κατώτερη από 12 lt/h. Κατά συνέπεια η αναλογικά χορηγούμενη ποσότητα νερού ανά μονάδα επιφάνειας στη συνολικά εξυπηρετούμενη από το δίκτυο έκταση είναι συνήθως χαμηλότερη απ' ότι στις άλλες μεθόδους.
- *Μερική διαβροχή του εδάφους.* Συνέπεια της μικρής παροχής των σταλακτήρων είναι ότι η βρεχόμενη επιφάνεια κατά θέση εκροής είναι πολύ περιορισμένη. Η συνολικά διαβρεχόμενη επιφάνεια αποτελεί πάντοτε ένα ποσοστό μόνο της όλης έκτασης που εξυπηρετεί το δίκτυο. Το ίδιο συμβαίνει και όσον αφορά το βρεχόμενο όγκο του

εδάφους, που αποτελεί επίσης ποσοστό μόνο του όλου εδαφικού όγκου τον οποίο εκμεταλλεύεται το ριζόστρωμα.

- *Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια άρδευσης.* Αφού η παροχή των σταλακτήρων είναι σχετικά μικρή και ο βρεχόμενος εδαφικός όγκος ποσοστό μόνο του όλου εδαφικού όγκου, για να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε νερό, απαιτείται να έχουν μεγάλη διάρκεια και να επαναλαμβάνονται συχνά.
- *Υψηλή περιεκτικότητα και χαμηλή τάση εδαφικής υγρασίας.* Η μέγιστη αποδοτικότητα των φυτών επιτυγχάνεται όταν η υγρασία του εδάφους είναι στην υδατοϊκανότητα. Ο παραγωγός με την στάγδην άρδευση μπορεί να ρυθμίσει την παροχή, έτσι ώστε η υγρασία να βρίσκεται διαρκώς στην υδατοϊκανότητα. Η υψηλή συχνότητα και η μεγάλη διάρκεια της άρδευσης συντελούν στη δημιουργία υγρών θυλάκων στο έδαφος, με υψηλή υδατοπεριεκτικότητα και συνεπώς χαμηλή τάση υγρασίας. Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα της άρδευσης τόσο τα υψηλά επίπεδα της υδατοπεριεκτικότητας και τα χαμηλά επίπεδα της τάσης διατηρούνται περισσότερο σταθερά. Στις άλλες μεθόδους, ενώ αμέσως μετά την άρδευση επιτυγχάνεται μια πολύ υψηλή υδατοπεριεκτικότητα και αντίστοιχα χαμηλή τάση, στη συνέχεια και μέχρι την επόμενη άρδευση η υδατοπεριεκτικότητα αυτή κατέρχεται και η τάση αντίστοιχα ανέρχεται, τόσο περισσότερο όσο μεγαλύτερο είναι το μεταξύ αρδεύσεων διάστημα.
- *Τρισδιάστατη κίνηση του νερού στο έδαφος.* Στις μεθόδους ολικής άρδευσης η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος γίνεται μόνο κατά την κατακόρυφη έννοια και επομένως είναι μονοδιάστατη. Κατά τη στάγδην άρδευση η κίνηση αυτή γίνεται κατά τρεις διευθύνσεις (τρειςδιάστατη).

#### **2.4.1. Πλεονεκτήματα**

Η παρατηρούμενη ταχύτατη επέκταση της στάγδην άρδευσης, σε διεθνή κλίμακα, οφείλεται αναμφίβολα στα σοβαρά αγρονομικά πλεονεκτήματα που συγκεντρώνει.

Εξ' αυτών τα κυριότερα είναι τα εξής:

- οικονομία νερού
- οικονομία εργατικών
- μείωση των ζιζανίων



- εκτέλεση εργασιών κατά τη διάρκεια της άρδευσης
- εύκολη και αποτελεσματική λίπανση και εφαρμογή φυτοφαρμάκων
- διατήρηση ξηρού φυλλώματος
- χρήση χαμηλής ποιότητας αρδεύσιμου νερού
- ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο και το ανάγλυφο του εδάφους
- ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας
- ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών
- σύγχρονη άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων και αξιοποίηση μικρών παροχών
- προστασία περιβάλλοντος.

#### **2.4.2. Μειονεκτήματα**

Οποσδήποτε τα συστήματα στάγδην άρδευσης αντιμετωπίζονται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό και διάφορα προβλήματα τα οποία αποτελούν μειονεκτήματα για τα συστήματα αυτά. Τα κυριότερα από τα προβλήματα είναι τα εξής:

- το κόστος της εγκατάστασης
- εμφράξεις σταλακτήρων
- συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος
- μηχανικές ζημιές
- αδυναμία προστασίας από παγετούς.

#### **2.5. Διαδικασία επιλογής και σχεδιασμός του κατάλληλου συγκροτήματος**

Το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι δαπανηρό τόσο σε κόστος-χρήμα, όσο και σε κόπο, γι' αυτό απαιτείται η ορθολογική του χρήση. Παρ' όλα αυτά, στην εποχή μας, παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της κατασπατάλησης του. Για έναν σωστό ολοκληρωμένο και έμπειρο χειρισμό της άρδευσης επιβάλλεται, ο παραγωγός να γνωρίζει τους εξής παράγοντες:

- την ικανότητα των εδαφών να συγκρατούν νερό και να το διαθέτουν στα φυτά.

- τη θρέψη των φυτών, που γίνεται με τη βοήθεια του νερού.
- τις συστηματικές ανάγκες ποτίσματος ενός χωραφιού (πόσο νερό χρειάζεται, κάθε πότε και με ποιο τρόπο ποτίζουμε).

Η σωστή άρδευση, όπως κάποιοι ισχυρίζονται, αποτελεί μια μορφή τέχνης και όπως κάθε τέχνη διαθέτει τα μυστικά της, έτσι και αυτή έχει τα δικά της. Όμως, ο παραγωγός πριν πάρει την απόφαση για την τακτική, τον τρόπο άρδευσης που θα χρησιμοποιήσει, θα πρέπει να γνωρίζει τις δυνατότητες που έχει όπως την ποσότητα του διαθέσιμου νερού και να έχει εκτιμήσει σωστά τα γνωρίσματα - χαρακτηριστικά του αγρού του.

Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι η παροχή και η ποιότητα του νερού, το κλίμα, το έδαφος, το είδος της καλλιέργειας, το κόστος της μεθόδου και η ικανότητα του καλλιεργητή να διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης.

Η διαδικασία επιλογής του κατάλληλου συγκροτήματος έχει να κάνει με την έκταση και τις διαστάσεις του αγρού, τη μέση ένταση των ανέμων που επικρατούν στη περιοχή, τη καλλιέργεια που θα χρησιμοποιηθεί, το τύπο του εδάφους την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή για τις μέρες αιχμής, την αρδευτική αποδοτικότητα, τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος και το εύρος άρδευσης κατά τη περίοδο αιχμής. Γενικότερα, ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να μην υπερβαίνει τη διηθητικότητα του εδάφους.

Ο σχεδιασμός για τη βέλτιστη λειτουργία του συστήματος, καθώς επίσης και οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συνήθως αγνοούνται και η αγορά τους γίνεται εμπειρικά σε συνεννόηση με τον αντίστοιχο πωλητή (Rolland, 1982; Λουϊζάκης, 1996).

Επομένως, θεωρείται απαραίτητη ακόμη και σήμερα μια ολοκληρωμένη μελέτη, που να επικεντρώνεται στην αξιολόγηση, επιλογή προμήθειας και χρήση του συγκροτήματος, ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της γεωργικής επιχείρησης.

## 2.6. Δόσεις άρδευσης

Ο φυσικός πόρος που ονομάζεται νερό δεν είναι ανεξάντλητος. Οι προβλεπόμενες κλιματικές μεταβολές και ειδικότερα η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση των βροχοπτώσεων πρόκειται να εντείνουν το πρόβλημα της έλλειψης νερού. Επομένως, για την διατήρηση των αποθεμάτων νερού θα πρέπει, εκτός των άλλων μέτρων, να γίνει ορθολογική χρήση μέσα από τη λεπτομερή καταγραφή των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό και τον προσεκτικό σχεδιασμό των αρδεύσεων (Howell et al., 1998). Οι δόσεις άρδευσης ποικίλουν και

εκφράζονται ως αναλογίες μιας μετρημένης ή υπολογισμένης ποσότητας, η οποία είναι συνήθως η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή όπως αυτή μετράται με διάφορες μεθόδους (Penman-Monteith, εξατμισόμετρον τύπου A, περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας κ.α.). Η εξάντληση των αποθεμάτων νερού και η αύξηση του κόστους οδηγεί στην μείωση των αρδευόμενων εκτάσεων την υιοθέτηση τεχνικών και τεχνολογιών άρδευσης μεγάλης αποδοτικότητας (ελλειμματική άρδευση, περιοδική εναλλαγή αρδευόμενων και μη αρδευόμενων εκτάσεων) (Unger and Wiese, 1979; Stewart et al., 1983)

Μια δόση άρδευσης καθορίζεται συνήθως με βάση την επιθυμητή παραγωγή αλλά και την αποδοτικότητα χρήσης νερού. Αποδοτικότητα χρήσης νερού είναι η αναλογία της παραγωγής δια την συνολική ποσότητα νερού άρδευσης που χορηγήθηκε σε μια καλλιέργεια (Monteith, 1993).

## **2.7. Σχεδιασμός, λειτουργία και διαχείριση**

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος άρδευσης πρέπει να ξεκινά από τον καθορισμό της χρήσης και των στόχων που καλείται να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο σύστημα. Οι Δέρκας και Καραντούνιας το (2003) αναφέρουν ότι ένας από τους λόγους υπερκατανάλωσης νερού είναι η χρήση μεθόδων άρδευσης διαφορετικών από αυτές για τις οποίες σχεδιάστηκε το δίκτυο. Έπειτα θα πρέπει να γίνει μελέτη των ιδιοτεροτήτων της περιοχής στην οποία θα εγκατασταθεί το σύστημα (κλιματικά στοιχεία, ανάγλυφο, τύπος εδάφους), της διαθεσιμότητας και της ποιότητας του νερού άρδευσης, των παραγωγικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας και της έκτασης του χωραφίου. Ο σχεδιαστής οφείλει να σχεδιάσει το σύστημα άντλησης, μεταφοράς και εφαρμογής του νερού άρδευσης κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ομοιομορφία άρδευσης με το ελάχιστο οικονομικό κόστος. Μέριμνα του σχεδιαστή είναι να χρησιμοποιήσει υλικά και μεθόδους που να είναι συμβατές με την καλλιεργητική πρακτική της περιοχής. Το τελικό σχέδιο θα πρέπει να υφίσταται θεωρητική αξιολόγηση της καταλληλότητας και σωστής λειτουργίας του πριν προταθεί για εφαρμογή στο πεδίο (Clark, 2007).

Ο προγραμματισμός των αρδεύσεων αποτελεί ένα από τους κρίσιμους παράγοντες για τη σωστή λειτουργία κάθε συστήματος άρδευσης. Η ποσότητα και το εύρος άρδευσης εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, και το σύστημα άρδευσης που θα εφαρμοστεί. Περιοδική αξιολόγηση της πραγματικής λειτουργίας του συστήματος άρδευσης σε σύγκριση με την θεωρητική κατά τον σχεδιασμό του συστήματος είναι δυνατό να αναδείξει

τυχόν προβλήματα έγκαιρα, πριν αυτά να εξελιχτούν σε σοβαρά, επηρεάζοντας την ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Camp and Lamm, 2008).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Ελλειμματική άρδευση

#### 3.1. Γενικά

Παραδοσιακά η γεωργική έρευνα είχε ως πρωταρχικό στόχο τη μεγιστοποίηση της συνολικής παραγωγής. Τα τελευταία χρόνια, όμως, έχει δοθεί έμφαση στους περιοριστικούς παράγοντες παραγωγής, κυρίως στη διαθεσιμότητα εδαφικών ή υδάτινων πόρων. Στο πλαίσιο αυτό η ελλειμματική άρδευση (DI) έχει μελετηθεί ευρέως ως πολύτιμη στρατηγική κυρίως για ξηρές περιοχές, όπου το νερό είναι ο περιοριστικός παράγοντας της καλλιέργειας (Fereres and Soriano, 2007).

Η ελλειμματική άρδευση είναι μια στρατηγική άρδευσης κατά την οποία η καλλιέργεια εκτίθεται σε υδατικό στρες είτε κατά τη διάρκεια μιας μεμονωμένης αυξητικής περιόδου, είτε κατά τη διάρκεια όλης της αύξησης με μικρές μόνο συνέπειες στην παραγωγή. Είναι ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης νερού, καθώς η επίδρασή της στην απόδοση των καλλιεργειών μπορεί να είναι αμελητέα, αρκεί το υδατικό στρες να εφαρμοστεί σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, όπου δηλαδή η καλλιέργεια θα είναι λιγότερο ευαίσθητη στην έλλειψη νερού (FAO, 2002).

Σε ξηρές περιοχές ειδικότερα κάνοντας χρήση της ελλειμματικής άρδευσης, η άρδευση εφαρμόζεται μόνο στα ευαίσθητα στο υδατικό στρες στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Στα υπόλοιπα στάδια εφαρμόζεται ελάχιστη ή και καθόλου άρδευση. Κατά συνέπεια η συνολικά εφαρμοζόμενη άρδευση δεν είναι ανάλογη των απαιτήσεων της καλλιέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού της κύκλου. Αν και αυτό οδηγεί αναπόφευκτα στην απώλεια της παραγωγής, η ελλειμματική άρδευση αυξάνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού, μεγάλωνοντας την παραγωγή ανά μονάδα νερού που εφαρμόζεται και οδηγώντας έτσι σε μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (English, 1990).

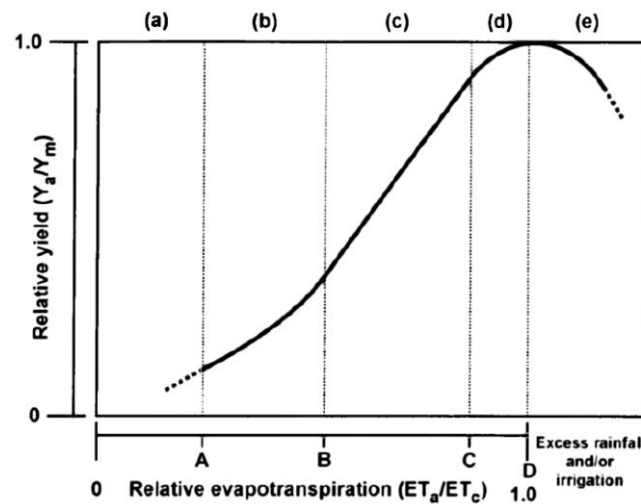
Η αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) είναι ο βασικός όρος για την αξιολόγηση των στρατηγικών ελλειμματικής άρδευσης.

Σε περιοχές με έντονο το φαινόμενο της λειψυδρίας θα πρέπει γενικά να προτιμώνται οι καλλιέργειες με υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού. Αυτός βέβαια δεν είναι ο μόνος παράγοντας, καθώς σε περιπτώσεις όπως αυτές των φρούτων ή των σιτηρών, μπορεί η αποδοτικότητα χρήσης νερού να είναι χαμηλότερη όμως η θρεπτική τους αξία είναι

μεγαλύτερη και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό της ελλειμματικής άρδευσης (Geerts and Raes, 2009).

### 3.2. Καμπύλη Παραγωγικότητας Νερού

Η καμπύλη παραγωγικότητας νερού (Crop Water Production function) έχει γενικά τη μορφή που φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1 (Geerts και Raes, 2009).



Διάγραμμα 3.1. Καμπύλη παραγωγικότητας νερού (CWP).

Η καμπύλη αυτή εκφράζει τη σχέση του εμπορικά εκμεταλλεύσιμου παραγόμενου προϊόντος ( $Y_a$ ) προς τη συνολική εξατμισοδιαπνοή ( $ET_a$ ). Δίνει μια πρώτη ένδειξη αν η αποδοτικότητα χρήσης νερού παρουσιάζεται μέγιστη σε συνθήκες υψηλής  $ET_a$  ή χαμηλότερης. Λόγω μεγάλης διασποράς τα συμπεράσματα είναι προσεγγιστικά (Geerts and Raes, 2009).

Στα πλαίσια της λειτουργίας της καμπύλης παραγωγικότητας νερού διακρίνονται 5 τμήματα που μπορεί από καλλιέργεια σε καλλιέργεια να διαφέρουν ή ακόμη και να απουσιάζουν (Doorenbos and Kassam, 1979):

Τμήμα a : Η αποδοτικότητα χρήσης νερού είναι πολύ χαμηλή και ο μόνος τρόπος να αυξηθεί η παραγωγή ή η αποδοτικότητα είναι να προστεθεί μια σημαντική ποσότητα νερού μέχρι το τμήμα b (Geerts and Raes., 2009).

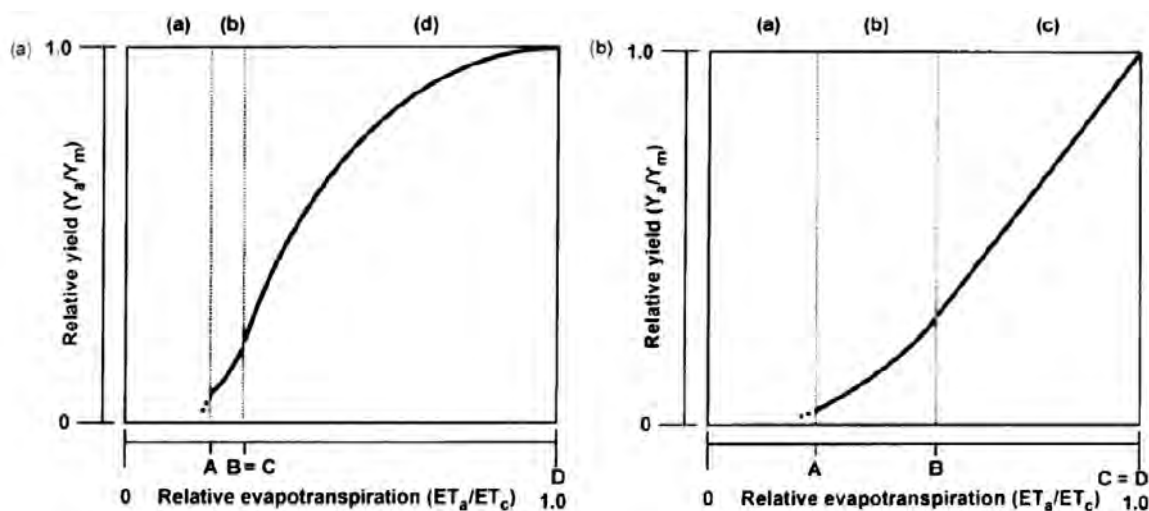
Τμήμα b: Η καμπύλη έχει ένα κοίλο σχήμα. Οποιαδήποτε αύξηση της δόσης άρδευσης οδηγεί σε ανάλογη αύξηση της αποδοτικότητας.

Τμήμα c: Με συμπληρωματική άρδευση η καμπύλη γίνεται σχεδόν γραμμική με κλίση που κυμαίνεται από ήπια ως έντονη. Σύμφωνα με τους Doorenbos και Kassam (1979) υπάρχει ένα κατώτερο όριο (σημείο B στην εικόνα που αντιστοιχεί σε  $ET_r=0,5$ ), όπου η σχέση σχετικής παραγωγής ( $Y_r$ ) και σχετικής εξατμισοδιαπνοής ( $ET_r$ ) ξεκινάει να είναι γραμμική.

Τμήμα d: Η κλίση της καμπύλης μειώνεται όσο η τιμή της  $ET_o$  πλησιάζει στο 1 (σημείο D). Στο τμήμα αυτό παρατηρείται αύξηση της παραγωγής με παράλληλη όμως μείωση της αποδοτικότητας.

Τμήμα e: Στο τμήμα αυτό εφαρμόζεται νερό περισσότερο από τις ανάγκες της καλλιέργειας με αποτέλεσμα πολλές φορές ακόμη και να πέφτει παραγωγή ως αποτέλεσμα έκπλυσης των θρεπτικών στοιχείων (Sun et al., 2006). Στο τμήμα αυτό η άρδευση δεν είναι απαραίτητη εκτός και αν αποσκοπεί στην έκπλυση αλάτων από το ριζικό σύστημα (Geerts and Raes, 2009).

Στα Διαγράμματα 3.2 και 3.3 φαίνεται η διαφοροποίηση της καμπύλης παραγωγικότητας νερού για ανθεκτικές ή μη καλλιέργειες στην ξηρασία.



**Διαγράμματα 3.2 και 3.3.** Μορφή της καμπύλης CWP για α) σχετικά ανθεκτικές και β) ευαίσθητες στην ξηρασία καλλιέργειες.

Στο πρώτο σχέδιο το τμήμα d της καμπύλης έχει ένα κοίλο σχήμα και αυτό μαρτυρά την ανοχή της καλλιέργειας σε συνθήκες ξηρασίας και άρα το όφελος από την εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης.

Στο δεύτερο σχέδιο φαίνεται ότι το τμήμα d της καμπύλης απουσιάζει και η καμπύλη είναι γραμμική μέχρι και το σημείο όπου το παρεχόμενο νερό ισοδυναμεί με τις απαιτήσεις σε νερό

της καλλιέργειας. Η γραμμική μορφή της καμπύλης σημαίνει με απλά λόγια ότι η αποδοτικότητα της χρήσης νερού αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της ποσότητας του αρδευτικού νερού μέχρι και την ολική κάλυψη των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε νερό, οπότε από αγρονομικής άποψης η εφαρμογή της τεχνικής της πλήρους άρδευσης είναι πιο συμφέρουσα από την ελλειμματική άρδευση (Geerts and Raes, 2009).

### 3.3. Προγραμματισμός ελλειμματικής άρδευσης

Οι πρακτικές της ελλειμματικής άρδευσης διαφέρουν από τις παραδοσιακές πρακτικές αποθήκευσης νερού. Ο διαχειριστής πρέπει να είναι άριστος γνώστης της αντίδρασης της καλλιέργειας στο υδατικό στρες είτε κατά τη διάρκεια καθορισμένων σταδίων αύξησης, είτε σε όλη την αυξητική περίοδο (Kirda et al., 1999). Βέβαια η τεχνική της ελλειμματικής άρδευσης δεν έχει ευεργετικά αποτελέσματα σε όλες τις καλλιέργειες. Καλλιέργειες ανθεκτικές στο υδατικό στρες, όπως το βαμβάκι, το καλαμπόκι, το σιτάρι, ο ηλίανθος, και το ζαχαρότευτλο μπορούν να ενσωματωθούν επιτυχώς στις πρακτικές της ελλειμματικής άρδευσης. Για πιο ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως η πατάτα, η ελλειμματική άρδευση αποδείχθηκε λιγότερο οικονομική (FAO, 1998). Επίσης θα πρέπει να επιλέγονται οι κατάλληλες καλλιέργειες, με καταλληλότερες εκείνες με μικρό βιολογικό κύκλο αλλά και ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ικανότητα συγκράτησης του νερού του εδάφους. Έχει βρεθεί πως τα εδάφη με λεπτή υφή είναι τα πλέον κατάλληλα για εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης (Stewart and Musick, 1982).

Σκοπός της ελλειμματικής άρδευσης είναι η αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού μιας καλλιέργειας εξαλείφοντας τις αρδεύσεις που έχουν ελάχιστο αντίκτυπο στην παραγωγή. Η μείωση της παραγωγής που προκύπτει είναι μικρή, συγκρινόμενη με τα οφέλη που αποκομίζονται εκτρέποντας το αποθηκευμένο νερό για άρδευση άλλων καλλιεργειών για τις οποίες το νερό θα ήταν ανεπαρκές με τις παραδοσιακές πρακτικές άρδευσης (FAO, 1998).

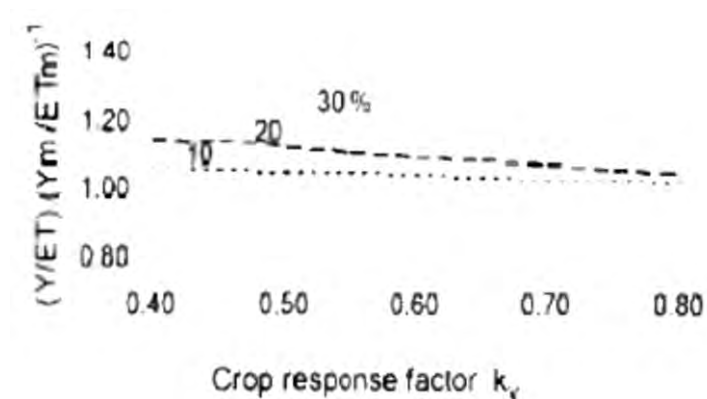
Για να καθοριστούν οι σχέσεις μεταξύ απόδοσης και εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται το μοντέλο Stewart (1977):

$$E_c = \frac{Y}{ET_a} = \left( K_y - \frac{K_y - 1}{ET_a - ET_m} \right) * \left( \frac{Y_m}{ET_m} \right) \quad [3.1]$$

όπου  $Y$  και  $ET_a$  είναι η παραγωγή και η εξατμισοδιαπνοή αντίστοιχα κάτω από συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης και  $Y_m$  και η  $ET_m$  η μέγιστη παραγωγή και εξατμισοδιαπνοή αντίστοιχα σχετικές με πλήρως αρδευόμενη καλλιέργεια,  $K_y$  είναι ένας παράγοντας



αντίδρασης της καλλιέργειας που ποικίλλει ανάλογα με το είδος, την ποικιλία, την αρδευτική μέθοδο και διαχείριση και το στάδιο αύξησης όταν υπάρχει ελλιπής εξατμισοδιαπνοή. Οι υπολογισμοί των  $Y_m$ ,  $ET_a$  και  $ET_m$  τεκμηριώνονται καλά και η βιβλιογραφία έχει δώσει τιμές για το  $K_y$  (FAO, 1998). Από τις 4 αυτές παραμέτρους μπορούμε να υπολογίσουμε την  $Y_a$  όπου το διαθέσιμο απόθεμα νερού δεν καλύπτει τις υδατικές ανάγκες της καλλιέργειας. Ο παράγοντας  $K_y$  αποτελεί μια ένδειξη της ανθεκτικότητας της καλλιέργειας στο υδατικό στρες. Καθώς ο παράγοντας της αντίδρασης παραγωγής  $K_y$  αυξάνεται, η αποδοτικότητα χρήσης νερού μειώνεται πράγμα το οποίο σημαίνει ότι το όφελος από την ελλειμματική άρδευση είναι απίθανο. Αυτό φαίνεται στο Διάγραμμα 3.4 το οποίο δείχνει τη σχέση μεταξύ της εξωτερικής αποδοτικότητας χρήσης νερού, του  $K_y$  και του σχεδιασμένου ελλείμματος  $ET$ .



**Διάγραμμα 3.4.** Σχέση μεταξύ του βαθμού αποδοτικότητας της άρδευσης (WUE), του παράγοντα αντίδρασης  $K_y$  και του σχεδιασμένου ελλείμματος  $ET$  (%).

Ένας παράγοντας αντίδρασης μεγαλύτερος από τη μονάδα δείχνει ότι η αναμενόμενη σχετική παραγωγή μειώνεται για δεδομένη εξατμισοδιαπνοή και η μείωση αυτή είναι αναλογικά μεγαλύτερη από τη σχετική μείωση στην εξατμισοδιαπνοή (Kirda et al., 1999). Στην περίπτωση αυτή δεν παρουσιάζονται οφέλη από τη χρήση της ελλειμματικής άρδευσης. Στον Πίνακα 3.1. παρουσιάζονται κάποιες τιμές κατά FAO του  $K_y$  για διάφορες καλλιέργειες. Γενικά τέσσερα φυσιολογικά στάδια αύξησης για κάθε καλλιέργεια είναι αρκετά για να περιγράψουν την ευαισθησία των καλλιεργειών στο στρες.

- Αρχικό (καλλιέργεια ως το 10% της κάλυψης του εδάφους).
- Ανάπτυξη (από το 10% της κάλυψης μέχρι την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια και την άνθηση).

- Μέση περίοδος (από την πλήρη κάλυψη μέχρι την ωρίμανση).
- Τελικό στάδιο (από την ωρίμανση μέχρι τη συγκομιδή).

**Πίνακας 3.1.** Τιμές κατά FAO του συντελεστή αντίδρασης Ky για διάφορες καλλιέργειες.

| Καλλιέργεια      | Tr <sub>000</sub> | Tr <sub>0111</sub> | Tr <sub>1011</sub> | Tr <sub>1101</sub> | Tr <sub>1110</sub> |
|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Βαμβάκι</b>   | 0,85              | 0,20               | 0,50               |                    | 0,25               |
| <b>Φασόλι</b>    | 1,15              | 0,20               | 1,10               | 0,75               | 0,2                |
| <b>Καλαμπόκι</b> | 1,25              |                    |                    |                    |                    |
| <b>Πατάτα</b>    | 1,10              | 0,60               |                    | 0,70               | 0,20               |
| <b>Ηλίανθος</b>  | 0,95              | 0,4                | 1                  | 0,8                |                    |
| <b>Σιτάρι</b>    | 1,00              | 0,20               | 0,60               | 0,50               |                    |

Tr<sub>0000</sub> αναφέρεται σε συνεχή ελλειμματική άρδευση, ενώ οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις αφορούν περιορισμένη παροχή νερού σε συγκεκριμένα μόνο στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας (οι δείκτες 0 και 1 ανταποκρίνονται στα στάδια κατά τα οποία το αρδευτικό νερό περιορίστηκε ή όχι).

Παρατηρούμε ότι για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια είναι πιθανό σε ορισμένα στάδια να είναι μεγαλύτερος, ενώ σε κάποια άλλα όχι. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το φασόλι: από τον πίνακα διαπιστώνουμε ότι στέρηση νερού της καλλιέργειας φασολιού κατά το δεύτερο στάδιο ανάπτυξης δε συμφέρει, όπως επίσης ούτε εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης σε όλη την αυξητική περίοδο. Αντίθετα επιβολή υδατικού στρες κατά τη διάρκεια του πρώτου, του τρίτου ή του τέταρτου σταδίου αύξησης θα αποφέρει μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη.

### 3.4. Πλεονεκτήματα και προϋποθέσεις εφαρμογής ελλειμματικής άρδευσης

Η ελλειμματική άρδευση είναι μια στρατηγική άρδευσης που μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα χρήσης νερού. Αυτό είναι και το κύριο πλεονέκτημά της. Αν και παρουσιάζεται συνήθως μια αρκετά σημαντική απώλεια παραγωγής, η ποιότητα του παραχθέντος προϊόντος είναι καλύτερη, με αποτέλεσμα η διαφορά αυτή να ισοσταθμίζεται (Cui et al, 2008; Hueso and Cuevas, 2008). Ειδικά σε μέρη που υπάρχει έντονο το φαινόμενο της λειψυδρίας, η ελλειμματική άρδευση σταθεροποιεί την παραγωγή, δίνοντας έτσι εγγυήσεις στους

παραγωγούς για ένα σταθερό εισόδημα, επιτρέποντας τους κατ' αυτόν τον τρόπο έναν καλύτερο οικονομικό σχεδιασμό (Geerts and Raes, 2009).

Σημαντική θεωρείται και η εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης στον περιορισμό διάφορων μυκητολογικών ασθενειών. Με άλλα λόγια το περιβάλλον που δημιουργείται γύρω από την καλλιέργεια είναι λιγότερο υγρό από ότι σε συνθήκες πλήρους άρδευσης, περιορίζοντας έτσι το ρίσκο προσβολής από μύκητες (Cicogna et al., 2005).

Ένα ακόμη θετικό στοιχείο της ελλειμματικής άρδευσης έχει να κάνει με τη λίπανση της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση μικρότερης ποσότητας νερού υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στη χρήση των λιπασμάτων. Αυτό γιατί περιορίζεται η έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα της λιπαντικής ουσίας στο εδαφικό διάλυμα (Garabet et al., 1998).

Καθοριστική είναι η εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης σε περιοχές όπου η διαθέσιμη προσφορά νερού είναι ανεπαρκής για την άρδευση όλων των εκτάσεων. Σε τέτοιες περιοχές η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού είναι συνήθως πιο προσοδοφόρα για τους παραγωγούς από ότι η μεγιστοποίηση της παραγωγής (English, 1990). Με τη χρήση της στρατηγικής της ελλειμματικής άρδευσης δίνεται προτεραιότητα στο κοινόχρηστο όφελος και όχι στον κάθε παραγωγό ξεχωριστά. Αντί να χρησιμοποιείται η πρακτική της πλήρους άρδευσης, εφαρμόζοντας την ελλειμματική άρδευση, το αποθηκευμένο νερό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση επιπλέον εκτάσεων στην περιοχή (Kipkorir et al., 2001).

Τέλος, βελτιώνει τον έλεγχο της ημερομηνίας σποράς και τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ανεξάρτητα από την έναρξη των βροχοπτώσεων και ως εκ τούτου βελτιώνει τον αρδευτικό σχεδιασμό (Geerts et al., 2008).

Οι προϋποθέσεις για την αποτελεσματική εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

- είναι επιτακτική η γνώση της αντίδρασης της καλλιέργειας στο υδατικό στρες.
- πρέπει να υπάρχει επαρκής πρόσβαση στο νερό κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης (ευαίσθητα στην ξηρασία στάδια της καλλιέργειας) κάτι εξαιρετικά δύσκολο για τις ξηρές περιοχές.
- πρέπει να εξασφαλίζεται μια ελάχιστη ποσότητα νερού κάτω από την οποία η ελλειμματική άρδευση δεν έχει σημαντική θετική επίδραση (Zhang, 2003).

- ο κάθε μεμονωμένος παραγωγός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τα οφέλη για το σύνολο των παραγωγών που χρησιμοποιούν το αρδευτικό νερό στην περιοχή (επιπλέον γη μπορεί να αρδεύεται με το αποθηκευμένο νερό), όταν η δική του καλλιέργεια παρουσιάζει μειωμένη παραγωγή.
- τέλος, οι παραγωγοί θα πρέπει να αναμένουν αύξηση της αλατότητας τους εδάφους κάτω από συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης σε σχέση με την εφαρμογή πλήρους άρδευσης (Geerts et al., 2008).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Το Τσάι του Βουνού

#### 4.1. Εισαγωγή

Το Τσάι του Βουνού, είδος της τοπικής μας χλωρίδας, ανήκει σε μια σειρά από αρωματικά φυτά και βότανα τα οποία χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές ιδιότητές τους αλλά και για τα δευτερογενή προϊόντα τους, τα αιθέρια έλαια.

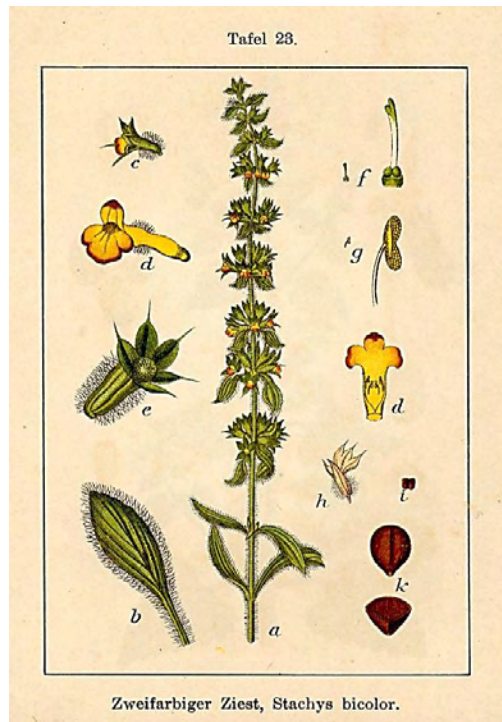
Το επιστημονικό όνομα του τσαγιού του βουνού, είναι *Sideritis*. το οποίο παραπέμπει στην ελληνική λέξη σιδερίτης-σίδηρος. Για το λόγο αυτό, οι ερμηνείες οι οποίες δόθηκαν για την προέλευση του ονόματος του, στηρίζονται στις ακόλουθες εκδοχές. Στην ικανότητα του φυτού να θεραπεύει τις πληγές που προκαλούνται από σιδερένια αντικείμενα. Στο γεγονός ότι αποτελεί φυσική πηγή σιδήρου, αφού τα ροφήματα που παρασκευάζονται από αυτό περιέχουν αρκετή ποσότητα σιδήρου. Στο σχήμα των δοντιών του κάλυκα, που μοιάζουν με αιχμή λόγχης (Γεννάδιος, 1959). Στην Κρήτη είναι γνωστό και ως «μαλοτίρα», ονομασία που προέρχεται κατά την επικρατέστερη εκδοχή από τις ιταλικές λέξεις «male» (αρρώστια) και «tirare» (σύρω), επειδή στην ενετοκρατούμενη Κρήτη το θεωρούσαν πανάκεια για τα κρυολογήματα και τις παθήσεις του αναπνευστικού. Στην Ελλάδα είναι γνωστό από την αρχαιότητα και αναφέρεται από το Θεόφραστο (372-287 π.Χ. αιώνα) και τον Διοσκουρίδη (10 μ.Χ. αιώνα) (Ανάσης, 1976).

Χρησιμοποιείται από το λαό μας, γιατί δίνει τα αγαπημένα ροφήματα, με το όνομα ελληνικά τσάγια, ή τσάγια του βουνού (Σκρουμπής, 1998).

#### 4.2. Βοτανική περιγραφή

Το Ελληνικό Τσάι του Βουνού είναι πολυετές φυτό, ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών (*Lamiaceae*) και στο γένος *Sideritis*. Το επιστημονικό του όνομα είναι *Sideritis spp.* (Gonzalez-Burgos et al., 2011). Πολυετής πόα, αποξυλωμένη στη βάση και τριχωτή. Συνήθως είναι πολύ αρωματική λόγω του περιεχομένου αιθέριου ελαίου. Τα φύλλα είναι οδοντωτά και τα άνθη είναι λευκά ή κίτρινα και συνήθως σχηματίζουν στάχυ. Ο κάλυκας είναι κωνοειδής με 10 νευρώσεις και 5 οδόντες διαταγμένους σε δύο χείλη. Το επάνω χείλος αποτελείται από δύο συμφυή πέταλα, ενώ το κάτω καταλήγει σε τρεις λοβούς, από τους οποίους ο μεσαίος είναι ο μεγαλύτερος. Οι στήμονες είναι τέσσερις και οι μπροστινοί δύο είναι μεγαλύτεροι σε μήκος

από τους άλλους δύο. Ο στύλος καταλήγει σε δύο άνισα στίγματα. Η ωοθήκη είναι δίχωρη, ενώ με ψευδή διαφράγματα γίνεται τετράχωρη. Οι καρποί είναι τέσσερα κάρυα που περικλείουν από ένα σπέρμα (Ανάσης, 1976; Θανασούλια και Σιατής, 2008).



Εικόνα 4.1. Μέρη του φυτού *Sideritis*.



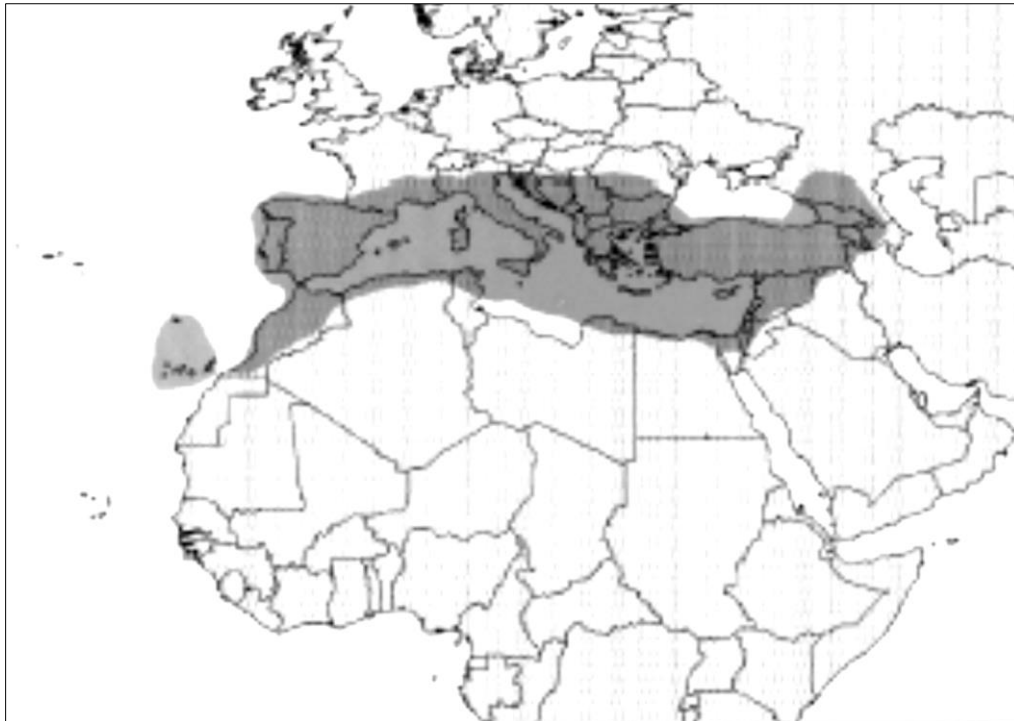
Εικόνα 4.2. Τσάι του Βουνού.

#### 4.3. Παγκόσμια κατανομή και σημασία για την Ελλάδα

Το γένος *Sideritis* περιλαμβάνει περίπου 150 είδη που βρίσκονται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες. Τα είδη αυτά, είναι μονοετείς ή πολυετείς πόες, αν και τα περισσότερα είδη *Sideritis* είναι πολυετή, ποώδη φυτά, τα οποία αυτοφύονται σε χώρες της Μεσογείου, ενώ πολλά είδη του γένους αυτού υπάρχουν και στην Ασία. Στην περιοχή της Μεσογείου, όπου φαίνεται να είναι και το κέντρο καταγωγής του φυτού, έχουν καταγραφεί πάνω από 100 διαφορετικά είδη του γένους *Sideritis*. Η μεγαλύτερη ποικιλία ειδών συναντάται στην Ιβηρική Χερσόνησο, με 45 τουλάχιστον είδη τα περισσότερα των οποίων είναι ενδημικά, ενώ 14 από αυτά απειλούνται σήμερα με εξαφάνιση.

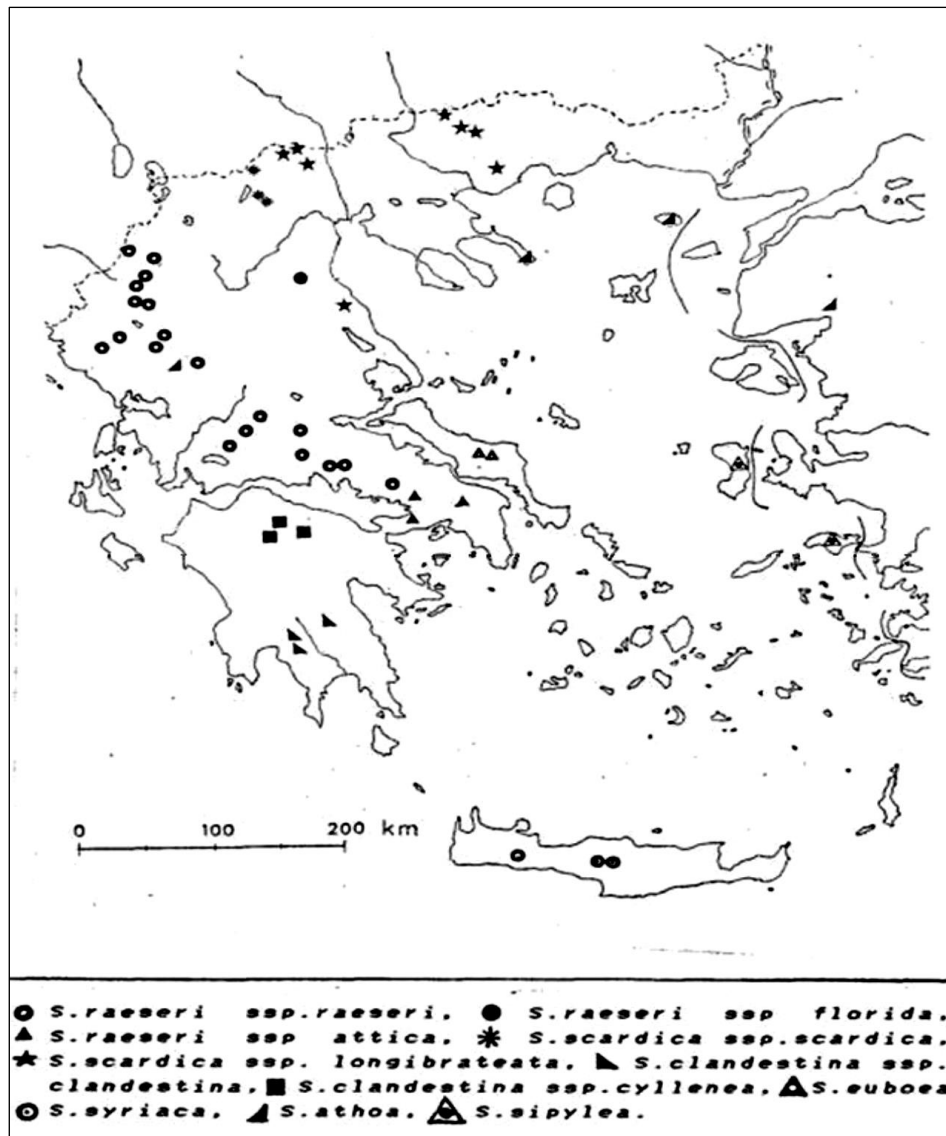
Χώρες πλούσιες σε πληθυσμούς και ποικιλία ειδών είναι επίσης η Ελλάδα, η Ιταλία και χώρες των ακτών της βόρειας Αφρικής (Αλγερία, Μαρόκο και Αίγυπτο). Μερικά είδη του γένους απαντούν επίσης στο Μεξικό, στο Περού και στην Ιαπωνία (Barber et al., 2002). Χρήση για

την παρασκευή τσαγιού γίνεται μόνο στην Ισπανία και κυρίως στην Ελλάδα, όπου έχουμε και τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Στην πατρίδα μας υπάρχουν 17 περίπου είδη (Γκόλιαρης, 1984) που ευδοκιμούν σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 500 έως 2000m σε διάφορες περιοχές της χώρας, σε ξηρά πετρώδη ή ασβεστολιθικά εδάφη (Ανάσης, 1976).



**Εικόνα 4.3.** Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Sideritis* (Barber et al., 2002).

Στην Ελλάδα, σήμερα στον Νομό Μαγνησίας, στη Βρύναινα και στους Κοκκωτούς παρατηρείται η μεγαλύτερη έκταση της καλλιέργειας (750 περίπου στρέμματα). Η καλλιέργεια αυτή άρχισε από το 1967 στους Κοκκωτούς Μαγνησίας, κι αργότερα επεκτάθηκε στα γύρω χωριά. Στην αρχή οι δυσκολίες ήταν μεγάλες γιατί έλλειπαν οι σχετικές γνώσεις και η πείρα. Τώρα πλέον οι καλλιεργητές έχουν αποκτήσει σημαντικές γνώσεις και πείρα, γι' αυτό και η καλλιέργεια είναι σχετικά εύκολη (Σκρουμπής, 1998).



Εικόνα 4.4. Περιοχές της Ελλάδας όπου φύονται τα διάφορα είδη του γένους *Sideritis*.

Παλαιότερα το Τσάι του Βουνού θεωρούνταν μελισσοτροφικό φυτό και μόνο μικρές ποσότητες μαζεύονταν από τους κατοίκους των ορεινών περιοχών, τις οποίες χρησιμοποιούσαν ως αφεψήματα. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο πολλοί κάτοικοι των ορεινών περιοχών διέδωσαν την χρησιμοποίησή του στον αστικό πληθυσμό, οπότε άρχισε να αυξάνει η κατανάλωση. Με την αύξηση της κατανάλωσης, αυξήθηκε και η τιμή του. Έτσι μεγάλωσε και το ενδιαφέρον για την εντατικότερη συλλογή του.

Το παρασκευαζόμενο αφέψημα παρουσιάζει πολλές ευεργετικές ιδιότητες, οι οποίες οφείλονται στα συστατικά του αιθέριου ελαίου του, όπως για παράδειγμα στα φλαβονοειδή. Το αφέψημα αυτό προτιμάται πολύ από τους Έλληνες, ειδικά τους χειμερινούς μήνες, λόγω



της ευεργετικής του επίδρασης σε κρυολογήματα και φλεγμονές του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος, ιδιότητες που ενισχύονται με την προσθήκη μελιού. Οι ευεργετικές επιδράσεις οφείλονται στην αντιφλεγμονώδη, βακτηριοστατική και αντιοξειδωτική δράση του. Ακόμη θεωρείται ευστόμαχο, εφιδρωτικό, τονωτικό, αντιερεθιστικό και αντιανεμικό διότι περιέχει σίδηρο (Fe) (Floca and Iconomou, 1981).

#### **4.4. Τα γνωστά είδη *Sideritis* στην Ελλάδα**

Τα κυριότερα είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα και παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι τα εξής (Σκρουμπής, 1998; Ανάσης, 1976):

*Sideritis athoa*. Κοινώς λέγεται τσάι βλάχικο, και στο Άγιο Όρος μπεττόνικα. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40cm, όπου καλύπτεται ολόκληρο με μικρές αδενώδεις τρίχες. Ο βλαστός είναι όρθιος απλός ή διακλαδισμένος και ξυλώδης στη βάση του. Αυτοφύεται στον Άθω, στην Πίνδο και στα ορεινά της Σαμοθράκης.



**Εικόνα 4.5. *Sideritis Athoa*.**

*Sideritis clandestina*. Κοινώς λέγεται τσάι του Μαλεβού ή τσάι του Ταΰγετου. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40cm. Ο βλαστός του είναι, όπως και στο προηγούμενο είδος, απλός ή διακλαδισμένος. Αυτοφύεται σε βράχους στις υποαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού, του Ταΰγετου και της Κυλλήνης.



**Εικόνα 4.6.** *Sideritis clandestina*.

*Sideritis syriaca* L.. Κοινώς λέγεται τσάι της Κρήτης, γνωστό ως μαλοτήρα ή καλοκοιμηθιά. Είναι πολυετής πόα ύψους 50cm. Έχει βλαστό συνήθως απλό, ισχυρό, όρθιο, που καλύπτεται με πυκνό άσπρο χνούδι. Αυτοφύεται στα ψηλά βουνά της Κρήτης και κυρίως στα Λευκά Όρη και τον Ψηλορείτη, σε υψόμετρο 1.300-2.000m.



**Εικόνα 4.7.** *Sideritis syriaca*.

*Sideritis euboica* (Heldr.). Κοινώς λέγεται τσάι της Εύβοιας ή τσάι απ' το Δέλφι. Είναι πολυετής πόα ύψους 30-50cm., με πυκνό και λευκό χνούδι σε όλα τα μέρη του. Ο βλαστός του είναι ξυλώδης στη βάση, ισχυρός, απλός ή μερικές φορές διακλαδισμένος. Αυτοφύεται άφθονο



στο βουνό Δίρφυ σε υψόμετρο 1000-1500m (Διάσελο Δίρφους, Σκοτεινή, Σέτα, Στρόπωνες, Μετόχι κλ.π.). Επίσης, υπάρχει στο Ξεροβούνι Εύβοιας, σε υψόμετρο 1400m.



Εικόνα 4.8. *Sideritis Euboea*.



Εικόνα 4.9. Τσάι απ' το Δέλφι.

*Sideritis scardica*. Κοινώς λέγεται τσάι του Ολύμπου. Είναι πολυετής πόα, έχει βλαστό απλό ή διακλαδισμένο, τετραγωνικό, λίγο ξυλώδη στη βάση. Αυτοφύεται σε βραχώδη εδάφη της υποαλπικής ζώνης του Ολύμπου, Κίσαβου, Πηλίου και Σκάρδου και σε υψόμετρο πάνω από 1.000m.



**Εικόνα 4.10.** *Sideritis scardica*.

*Sideritis raeseri* (Boiss. et Heldr). Κοινώς λέγεται τσάι του Παρνασσού ή τσάι του Βελουχιού. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40cm. Ο βλαστός είναι λεπτός, χνοώδης, απλός και σπάνια διακλαδισμένος, λίγο ξυλώδης στη βάση. Τα κατώτερα φύλλα είναι έμμισχα και τα ανώτερα άμισχα λογχοειδή, λίγο πριονωτά με άσπρο χνούδι, και τα άνθη έντονα κίτρινα σε ακραίες ταξιανθίες. Αυτοφύεται στον Παρνασσό, Τυμφρηστό (Βελούχι) και σε άλλα βουνά της Αιτωλίας, Δωρίδας και Φθιώτιδας και καλλιεργείται στον Νομό Μαγνησίας. Ευδοκimei σε ορεινές περιοχές και σε χωράφια ασβεστούχα, πετρώδη, μέτριας γονιμότητας, ξηρικά.



**Εικόνα 4.11.** *Sideritis raeseri*.

Εκτός των παραπάνω τα είδη που μπορούν να βρεθούν στον Ελλαδικό χώρο είναι (Dimopoulos et al., 2013; Σπανίδη, 2014):

- *Sideritis albiflora* Hub.-Mor. (Ανατολική Μεσόγειο)
- *Sideritis clandestina* (Bory & Chaub.) Hayek subsp. *peloponnesiaca* (Boiss & Heldr.) Baden in Strid & Tan (Ενδημικό της Ελλάδας)
- *Sideritis curvidens* Stapf (Ανατολική Μεσόγειο)
- *Sideritis lanata* L. (Βαλκάνια-Ανατολία)
- *Sideritis montana* L. subsp. *montana* (Μεσόγειο-Νοτιοδυτική Ασία)
- *Sideritis montana* subsp. *remota* (d'Urv) P.W.Ball (Μεσόγειο-Νοτιοδυτική Ασία)
- *Sideritis perfoliata* L. subsp. *perfoliata* (Ανατολική Μεσόγειο)
- *Sideritis purpurea* Talbot ex Benth (Βαλκάνια)
- *Sideritis raeseri* Boiss. & Heldr. in Boiss. subsp. *attica* (Heldr.) Papan. & Kokkini (Ενδημικό της Ελλάδας)
- *Sideritis sipylea* Boiss. (Ανατολική Μεσόγειο)

#### **4.5. Η καλλιέργεια του Τσαγιού**

##### **4.5.1. Οικολογικές απαιτήσεις**

Ως καλλιεργούμενο φυτό μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε σκληροτράχηλο στις κλιματικές συνθήκες, γιατί είναι ανθεκτικό στην ξηρασία και αντέχει πολύ στις χαμηλές θερμοκρασίες. Δεν έχει πολλές εδαφικές απαιτήσεις, αφού ευδοκimeί καλύτερα σε μέτριας σύστασης ασβεστολιθικά εδάφη (Γκόλιαρης, 1984; Σκρουμπής, 1998).

##### **4.5.2. Πολλαπλασιασμός**

Το Τσάι του Βουνού πολλαπλασιάζεται με δύο τρόπους, εγγενώς (με σπόρο) και αγενώς (με παραφυάδες).

α) *Εγγενώς (με σπόρο)*. Ο σπόρος συγκεντρώνεται από το αυτοφυούμενο ή το καλλιεργούμενο Τσάι του Βουνού. Τα φυτά από τα οποία θα πάρουμε το σπόρο πρέπει να είναι εύρωστα και υγιή, να έχει γίνει καλά η γονιμοποίηση των ανθέων και η ωρίμανση του σπόρου. Οι ταξιανθίες μαζεύονται, ξηραίνονται, και ο σπόρος αποχωρίζεται.



Η χρήση σπόρου απαιτεί ιδιαίτερη διαδικασία παρόμοια με αυτή των φυτών καπνού, και έχει ως εξής:

Αρχικά γίνεται προβλάστηση των σπόρων για 3 ημέρες σε υγρή και ζεστή ατμόσφαιρα. Ένα γραμμάριο, περιέχει 600 περίπου σπόρους. Θεωρητικά, 7 γραμμάρια σπόρου φτάνουν για να καλυφθεί καλλιέργεια φυτών 1 στρέμματος. Πρακτικά, χρησιμοποιούνται 10-15g σπόρου/στρέμμα. Αυτό για διάφορους λόγους, όπως η μη ζωηρότητα του σπόρου και η ενδεχόμενη μειωμένη βλαστική του ικανότητα. Σπέρνονται κατόπιν οι σπόροι στο σπορείο σε ψιλοχωματισμένο πλούσιο έδαφος σε πυκνότητα  $2\text{g/m}^2$ . Η έκταση του σπορείου που χρησιμοποιείται, γι' αυτήν την ποσότητα σπόρου είναι  $5\text{m}^2$ . Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου και οι καλλιεργητικές φροντίδες που ακολουθούν είναι όμοιες με εκείνες του καπνού ή της ντομάτας. Τα σπορόφυτα μεταφυτεύονται όταν αποκτήσουν 4-6 φύλλα (Σκρουμπής, 1998).



**Εικόνα 4.12.** Σπορόφυτα τσαγιού.

β) Αγενώς (με παραφυάδες). Οι παραφυάδες είναι βλαστοί με λίγες ρίζες στη βάση, που εμφανίζονται στο φυτό, μετά το δεύτερο έτος και με μεγαλύτερη αναλογία σε ποσότητα, στο καλλιεργούμενο απ' ότι στο αυτοφυές φυτό. Οι παραφυάδες παίρνονται από υγιή φυτά, και φυτεύονται στο χωράφι όπως και τα φυτά των σπορείων.

Ο πολλαπλασιασμός με σπόρο σπάνια χρησιμοποιείται πια, λόγω της εύκολης πλέον εύρεσης μοσχευμάτων, των οποίων η επιτυχία εγκατάστασης υπερβαίνει το 90%. Τα έριζα μοσχεύματα δεν παίρνονται πλέον από αυτοφυή φυτά αλλά από παλαιές φυτείες που εκριζώνονται όταν η απόδοσή τους μειώνεται (από φυτείες που ανανεώνονται στα 5-6 χρόνια). Τα φυτά που ξεριζώνονται από μια παλιά φυτεία, αξιοποιούνται δίνοντας παραφυάδες, για φύτευση νέων χωραφιών. Τα φυτά αυτά που βρίσκονται σε καλύτερη κατάσταση, χωρίζονται σε αρκετά μέρη (βλαστοί με ρίζες) και φυτεύονται στις νέες θέσεις σε μικρούς λάκκους που ανοίγονται με φυτευτήρι (Μητσογιάννης, 1972).

#### **4.5.3. Εγκατάσταση**

Η εγκατάσταση γίνεται είτε σε νέους καθαρούς και οργωμένους αγρούς, είτε σε αγρούς τσαγιού με φυτά άνω των 5 ετών, όπου η καλλιέργεια είναι πλέον ασύμφορη λόγω μείωσης της απόδοσης ή της ύπαρξης πολλών πολυετών ζιζανίων.

Στη δεύτερη περίπτωση, νωρίς το καλοκαίρι ή μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου, γίνεται η εκρίζωση της προηγούμενης καλλιέργειας, ο καθαρισμός και το όργωμα, το οποίο συνοδεύεται από σβάρνισμα ώστε να ισοπεδωθεί κατάλληλα το χωράφι (Σκρουμπής, 1998).

Δύο εποχές κρίνονται κατάλληλες για τη φύτευση. Η πρώτη είναι το φθινόπωρο (Οκτώβρη-Νοέμβρη) και η δεύτερη τέλος του χειμώνα με αρχές άνοιξης (Φλεβάρης-Μάρτης). Η καλύτερη εποχή για τη μεταφύτευση είναι το φθινόπωρο, μιας και ειδικότερα για την Ελλάδα συμπίπτει με την περίοδο των πρώτων βροχοπτώσεων, οι οποίες βοηθούν το χωράφι να φτάσει στο ρώγο του. Έριζα μοσχεύματα από παλαιότερη φυτεία, είτε νεαρά φυτά από σπορεία εγκαθίστανται στο χωράφι όχι νωρίτερα από τα μέσα Οκτωβρίου.

Οι συνήθεις αποστάσεις φυτεύσεως είναι 40x50cm (40-50cm επί των γραμμών φύτευσης και 50-60cm μεταξύ των γραμμών φύτευσης), ώστε να επιτευχθεί πληθυσμός περίπου 4.000-5.000 φυτών/στρέμμα.

Ο καλύτερος τρόπος φύτευσης είναι με το χέρι σε μικρούς λάκκους ή με το φυτευτήρι. Η φύτευση μπορεί να γίνει και με φυτευτικές μηχανές (καπνού-ντομάτας) ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση της απόστασης των δίσκων (Σκρουμπής, 1998).

Εάν μετά τη φύτευση δεν ακολουθήσει βροχή, συνίσταται να γίνεται μια καλή άρδευση (ριζοπότισμα), για να έχουμε μεγάλη επιτυχία.



**Εικόνα 4.13.** Νεαρό φυτό *Sideritis raeseri*.



**Εικόνα 4.14.** Φυτώριο.

#### **4.5.4. Καλλιεργητικές φροντίδες**

Κατά τη διάρκεια του έτους σε νέες αλλά και παλαιές φυτείες γίνονται οι εξής καλλιεργητικές επεμβάσεις:

##### **4.5.4.1. Καταπολέμηση ζιζανίων**

Τέλη Φεβρουαρίου με αρχές Μαρτίου αρχίζουν τα πρώτα σκαλίσματα ανάμεσα στα φυτά με χρήση σκαλιστηριών. Έτσι καθαρίζονται τα πρώτα ανοιξιιάτικα ζιζάνια και αερίζεται το χώμα.

Στα πρώτα έτη της φυτείας υπάρχουν συνήθως μονοετή ζιζάνια και αν και η επιφάνεια που πρέπει να καθαριστεί είναι μεγάλη, το σκάλισμα γίνεται εύκολα γιατί τα φυτά τσαγιού δεν έχουν καλύψει ακόμη το χωράφι.

Στις παλαιές φυτείες κυριαρχούν πολυετή ζιζάνια που φυτρώνουν ανάμεσα στα φυτά της καλλιέργειας και η απομάκρυνση τους γίνεται πολύ δύσκολα και γενικά είναι πολύ δαπανηρή η διατήρηση καθαρής φυτείας.

Η ζιζανιοκτονία με σκάλισμα συνεχίζεται τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο, ενώ περιφερειακά των αγρών γίνεται και κατευθυνόμενη χρήση του ζιζανιοκτόνου Roundup.

Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες για εφαρμογή χημικής ζιζανιοκτονίας σε όλη την έκταση των χωραφιών με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα, γεγονός που θα μείωνε κατά πολύ το κόστος καλλιέργειας. Οι προσπάθειες όμως αυτές δεν είχαν επιτυχία γιατί τα φυτά του τσαγιού δείχνουν αρκετά ευαίσθητα.



Η επόμενη επέμβαση στη φυτεία, είναι η καταπολέμηση των πρώτων φθινοπωρινών ζιζανίων, πάλι με χρήση σκαλιστηριών. Η ζιζανιοκτονία αυτή διαρκεί μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου ή όσο το επιτρέπει ο καιρός.



**Εικόνα 4.15.** Μια σκαλισμένη καλλιέργεια.

#### **4.5.4.2. Λίπανση**

Πρέπει να γίνεται με προσοχή και σε μικρές δόσεις, ώστε να αποφεύγεται η μεγάλη βλαστική αύξηση των φυτών, που έχει αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας του προϊόντος. Δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα για τη λίπανση στο Τσάι του Βουνού. Από δοκιμαστικές καλλιέργειες που έγιναν στη χώρα μας, καλά αποτελέσματα έδωσαν, η προσθήκη στο στρέμμα 3 έως 4 μονάδων αζώτου και 4 έως 5 μονάδων φωσφόρου αργά το φθινόπωρο (κατά την περίοδο καταπολέμησης της φθινοπωρινής ζιζανιοκτονίας), όταν διαπιστωθεί ότι η φυτεία είναι αδύνατη (Γκόλιαρης, 1984). Ορισμένοι καλλιεργητές, ανάλογα με το χωράφι κάνουν και μια ανοιξιιάτικη λίπανση με κάποιο αζωτούχο λίπασμα (περίπου 3-4 μονάδες αζώτου/στρ.). Όταν η φυτεία είναι ζωνική, πρέπει να αποφεύγεται η λίπανση, για να μην υπάρχει μεγάλη ποσότητα αζώτου στο έδαφος, το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη βλαστική ανάπτυξη των φυτών και τη μείωση της ποιότητάς τους (Σκρουμπής, 1998).

#### **4.5.4.3. Εχθροί και Ασθένειες**

Κατά το Μάιο γίνονται περιστασιακά κάποια ραντίσματα με χρήση ακαρεοκτόνων και εντομοκτόνων για την αντιμετώπιση προσβολών από τετράνυχος και αφίδες. Οι προσβολές

αυτές δεν παρατηρούνται συχνά, και σπάνια απειλούν σοβαρά την απόδοση, υποβαθμίζουν όμως το προϊόν. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι γενικά οι εντομολογικές προσβολές εντοπίζονται στους αγρούς με χαμηλό υψόμετρο.

#### **4.5.4.4. Συγκομιδή και Ξήρανση**

Η συγκομιδή μπορεί ανάλογα με την περιοχή να γίνεται σταδιακά από τα τέλη Μαΐου σε πολύ χαμηλό υψόμετρο, μέχρι τα μέσα Ιουλίου σε υψόμετρο άνω των 1.000m. Έτσι αρχίζει σταδιακά η συγκομιδή από τα χαμηλά προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Γίνεται μόλις διαπιστωθεί ότι τα φυτά είναι σε πλήρη άνθιση και πρέπει να ολοκληρωθεί πριν το πέρας της ανθοφορίας τους, δηλαδή όταν έχουν ανθίσει τα 2/3 των ανθέων και οι βλαστοί έχουν αρχίσει να ξυλοποιούνται.

Κατά τη συγκομιδή κόβεται ολόκληρη η ταξιανθία σε ματσάκια (χεριές) με μαχαίρι ή δρεπάνι, μαζί με ένα μέρος του βλαστού 5-6cm (Εικόνα 4.16). Η κάθε «χεριά» αμέσως δένεται και αποτελεί ένα «ματσάκι» έτοιμο για ανάρτηση ή άπλωμα στο ξηραντήριο.

Στη συνέχεια η συγκομιζόμενη ποσότητα μεταφέρεται για ξήρανση, η οποία στοχεύει στην διατήρηση της ποιότητας του τσαγιού, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ευκολότερη διάθεση. Γίνεται είτε υπαίθρια, είτε σε εσωτερικούς χώρους.

Στην ύπαιθρο, έχουμε τοποθέτηση των ανθοφόρων βλαστών σε λεπτά στρώματα απλωμένα στο χωράφι, αφήνοντας έτσι τις ακτίνες του ήλιου και την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα, να μειώνουν την περιεκτικότητά τους σε υγρασία (Εικόνα 4.18).

Η ξήρανση στους εσωτερικούς χώρους, γίνεται με τη χρήση υπόστεγων από κεραμίδι ή τσίγκο (Εικόνα 4.19). Εάν η ξήρανση γίνει σε υπόστεγα που έχουν σκεπαστεί από κεραμίδια, το τελικό προϊόν αποκτά ένα χρώμα πρασινοκίτρινο που είναι και το επιθυμητό (Μητσογιάννης, 1972; Σκρουμπής, 1998). Ενώ, εάν η ξήρανση δεν γίνει σε σκιά ή όταν το υπόστεγο είναι από λαμαρίνα τότε τα φυτά αποχρωματίζονται, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους (Gabrieli and Kokkalou, 1990). Ο τσίγκος-λαμαρίνα, έχει τα ίδια αποτελέσματα σχεδόν, με την μεταχείριση στην ελεύθερη ατμόσφαιρα (Μητσογιάννης, 1972; Σκρουμπής, 1998).



**Εικόνα 4.16.** Ματσάκι τσαγιού.



**Εικόνα 4.17.** Αποξηραμένοι βλαστοί τσαγιού.



**Εικόνα 4.18.** Ξήρανση τσαγιού στον ήλιο.



**Εικόνα 4.19.** Υπόστεγο ξήρανσης με σκεπή από γαλβανισμένη λαμαρίνα.

#### **4.5.4.5. Αποθήκευση**

Μετά την ξήρανση, ακολουθεί η φάση της αποθήκευσης. Η φάση αυτή περιλαμβάνει την διαφύλαξη του προϊόντος που αποξηράνθηκε, τη διαλογή του σε ποιότητες, τη συσκευασία και την συντήρησή του. Οι εργασίες αυτές αποσκοπούν στο να διαμορφώσουν και να διατηρήσουν μέχρι το τέλος της εμπορίας, τις ιδιότητες του προϊόντος.

Το τσάι συμπιέζεται και δεματοποιείται με πρέσα, σε δέματα βάρους 20 κιλών, με επιμέρους συμπιεσμένα ματσάκια των 80-100 γραμμαρίων. Τα δέματα περιμετρικά καλύπτονται με λινάτσα (όπως ο καπνός). Με αυτή τη μορφή φυλάγεται σε αποθήκες που αερίζονται καλά, μέχρι να διατεθεί στο εμπόριο (Σκρουμπής, 1998).

#### **4.5.5. Κόστος**

Η αγορά ριζωμάτων και φυτωρίων από τα εξειδικευμένα φυτώρια συχνά κοστίζει αρκετά (αν υπολογιστεί κατά μέσο όρο ότι κοστίζουν περισσότερο από 0,15-0,25 ευρώ ανά φυτό στην Ελλάδα και 0,05-0,18 ευρώ σε εξειδικευμένα φυτώρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Με μια τυπική πυκνότητα φύτευσης περίπου 4.000 φυτών ανά στρέμμα, η δαπάνη για το φυτικό υλικό εγκατάστασης μπορεί να είναι περισσότερο από 600-1.000 ευρώ ανά στρέμμα.

Στις πολυετείς καλλιέργειες, όπως είναι το Τσάι του Βουνού, το κόστος για την απόκτηση πολλαπλασιαστικού υλικού βαρύνει κυρίως τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας, εφόσον τα επόμενα χρόνια ο παραγωγός μπορεί από τις έτοιμες φυτείες να δημιουργήσει το δικό του πολλαπλασιαστικό υλικό και να επεκτείνει την καλλιέργεια (Demo et al, 1998).

#### **4.5.6. Αποδόσεις**

Το Τσάι του Βουνού μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο χωράφι για 5-8 χρόνια. Η παραγωγή συνεχίζει να αυξάνεται από το 2<sup>ο</sup>-4<sup>ο</sup> έτος ενώ από το 5<sup>ο</sup> έτος αρχίζει να μειώνεται. Οι αποδόσεις και η διάρκεια ζωής της καλλιέργειας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Από μια επιτυχημένη φυτεία με ευνοϊκές καιρικές συνθήκες μπορούμε να πάρουμε τις παρακάτω αποδόσεις: τον πρώτο χρόνο περίπου 10kg ξερό προϊόν, το δεύτερο 50-60kg, το τρίτο και τέταρτο χρόνο 90-100kg. Σε χρονιά πλήρους παραγωγής οι αποδόσεις σε ξηρό προϊόν αγγίζουν τα 100-150kg/στρέμμα.

Οι περισσότεροι παραγωγοί το πωλούν σε μπάλες των 20-25 κιλών και ανάλογα με τις διαπραγματεύσεις που κάνουν, πετυχαίνουν καθαρή πρόσοδο της τάξης των 500-700 ευρώ. Τα έσοδα διπλασιάζονται όταν η καλλιέργεια είναι βιολογική (Gabrieli and Kokkalou, 1990).

#### 4.5.7. Χημική σύσταση

Τα τελευταία 20 χρόνια γίνεται προσπάθεια για απομόνωση και ταυτοποίηση των συστατικών των διαφόρων ειδών σιδερίτη. Το μεγαλύτερο ποσοστό εργασιών ασχολείται με τη σύσταση του αιθέριου ελαίου, με δυο κυρίως αντικειμενικούς στόχους, την ανεύρεση συστατικών που συμβάλλουν κυρίως στις φαρμακευτικές ιδιότητες του φυτού και την προσπάθεια βοτανικής ταξινόμησης, συγγένειας, καταγωγής, εύρεσης υποειδών και γενικά γενοτυπικών διαφορών μέσα στο γένος. ώστε να εντοπιστούν οι κυριότερες ουσίες που παρουσιάζουν βοτανικό και φαρμακολογικό ενδιαφέρον. Αρκετές άλλες εργασίες εξειδικεύουν ακόμη περισσότερο το αντικείμενο της χημικής σύστασης του ελαίου ασχολούμενες μόνο με συγκεκριμένες κατηγορίες ή μεμονωμένες ουσίες του λαδιού διερευνώντας τη χημική δομή - συμπεριφορά και τις πιθανές ιδιότητες τους.

Τα αιθέρια έλαια, είναι τα πτητικά μίγματα οργανικών ουσιών που παραλαμβάνονται με διάφορους τρόπους από φυτικά υλικά (Σκρουμπής, 1998).

Η πιο οικονομική και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα αρωματικά φυτά φαίνεται πως είναι η υδροαπόσταξη (water distillation). Ως μόνο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η πιθανή υδρόλυση, κάποιων συστατικών του ελαίου μια και το φυτικό υλικό έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Δύο παραλλαγές της παραπάνω μεθόδου, που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία, είναι η απόσταξη με νερό και ατμό όπου το φυτικό υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Βέβαια σήμερα στη βιομηχανία, ανάλογα και με το φυτικό είδος χρησιμοποιούνται και άλλες πολύπλοκες μέθοδοι απόσταξης. Όταν οι μελέτες αποσκοπούν στην ανίχνευση ειδικών συστατικών φαίνεται ότι προτιμάται αντί για απόσταξη, η χρήση οργανικών διαλυτών.

Ο δεύτερος τρόπος παραλαβής των αιθέριων ελαίων, δηλαδή η εκχύλιση με διαλύτες δίνει καλά αποτελέσματα και στην περίπτωση του τσαγιού κυρίως με τη χρήση πτητικών διαλυτών. Στις μέχρι τώρα εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι διαλύτες ανάλογα με την ομάδα συστατικών του ελαίου που μας ενδιαφέρει.

Ο προσδιορισμός των συστατικών των αιθέριων ελαίων γίνεται πλέον κυρίως με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας (GC) σε συνδυασμό με χρήση φασματογράφου μάζας (MS). Από όλες



τις σχετικές αναλύσεις στα διάφορα είδη του γένους *Sidetitis* φαίνεται ότι το αιθέριο έλαιο αποτελείται από μια πληθώρα οξυγονούχων και μη οξυγονούχων συστατικών (αλκοόλες, κετόνες, αλδεΐδες, τερπένια, μονοτερπένια, διτερπένια, εστέρες), με πιο σημαντικές όσον αφορά την ποιότητα και γενικά τις ιδιότητες του ελαίου, τα τερπενοειδή τα φλαβονοειδή, τις κουμαρίνες κ.ά..

Γενικά από τις μέχρι τώρα αναλύσεις συστατικών στο γένος *Sidetitis* φάνηκε να κυριαρχούν ποσοτικά κατά σειρά τα εξής συστατικά: B-Caryophyllene, A-pinene, b-pinene, 1,8 cineole, limonene, Sabinene, Carvacrol, Myrcene, Linalool, Camphore, a-cadinol, b-copaene, b-cimene, b-Bisabolol, δ-cadinene.

Πέρα από τα συστατικά που βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία φαίνεται πως η σύσταση του αιθέριου ελαίου δεν είναι απόλυτα σταθερή για το κάθε είδος αλλά μπορεί να παρατηρηθούν μικροδιαφορές που σχετίζονται με την συγκεκριμένη χρονιά συλλογής (κλιματικές συνθήκες), την περιοχή στην οποία αναπτύχθηκε το φυτό (εδαφοκλιματικές συνθήκες), και το στάδιο της βλαστικής περιόδου. Σημαντικός παράγοντας ίσως είναι και η γενετική παραλλακτικότητα μέσα στον πληθυσμό κάθε είδους. Επίσης υπάρχει και η πιθανότητα, ανάλογα με τον τρόπο παραλαβής του αιθέριου ελαίου, να μετασχηματισθούν ή και να καταστραφούν κάποια συστατικά (Γκέργκης κ.ά., 1990).



**Εικόνα 4.20.** Το αιθέριο έλαιο του Σιδερίτη.

Επομένως, οι δράσεις των φυτών του γένους *Sideritis* οφείλονται σε τρεις φυτοχημικές ομάδες που υπάρχουν σ' αυτά: στα φλαβονοειδή, στα διτερπένια και στα πτητικά συστατικά.

#### 4.5.8. Φαρμακολογικές ιδιότητες

Μια σειρά μελετών έχουν διεξαχθεί κατά καιρούς τόσο σε φυτικά εκχυλίσματα του γένους *Sideritis* όσο και σε χημικές ενώσεις που απομονώθηκαν από αυτά για να εκτιμηθούν οι θεραπευτικές τους ιδιότητες.

- **Αντιφλεγμονώδης δράση:** Υπάρχουν πολλές μελέτες πάνω στην αντιφλεγμονώδη δράση που εμφανίζουν τα εκχυλίσματα του γένους *Sideritis*. Αυτή οφείλεται κυρίως στις ομάδες των φλαβονοειδών, των τερπενίων και των λιπιδίων. Κατά των φλεγμονών δρουν και οι φυτοστερόλες, οι α- και β- αμιρίνες και τα διτερπένια (Charami et al., 2008).
- **Αναλγητική δράση:** Φυτά του γένους *Sideritis* εμφανίζουν και αναλγητικές ιδιότητες. Αυτές οφείλονται σε ενώσεις λιγότερο πολικές από εκείνες των αντιφλεγμονωδών. Τέτοιες είναι οι φυτοστερόλες, οι α- και β- αμιρίνες και τα διτερπένια με σκελετό καουρενίου (Gonzalez-Burgos et al., 2011).
- **Αντιμικροβιακή δράση:** Σημαντική είναι και η δράση κατά των βακτηρίων, των ιών και των ζυμών. Η δράση αυτή οφείλεται κυρίως στα αιθέρια έλαια του φυτού που περιέχουν μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες. Από τα φυτά που μελετήθηκαν πιο δραστικά ήταν αυτά με αιθέρια έλαια πλούσια σε απιπένιο και καρβακρόλη. Το είδος *S. raeseri* δεν περιέχει πολλά μονοτερπένια και γι' αυτό ήταν αδρανές (Aligiannis et al., 2001; Fokialakis et al., 2007).
- **Αντιοξειδωτική δράση:** Ο *Sideritis* εμφανίζει και έντονη αντιοξειδωτική δράση. Ειδικότερα τα εκχυλίσματα των φυτών με οξικό αιθυλεστέρα και με βουτανόλη. Η αντιοξειδωτική δράση οφείλεται στην ύπαρξη πολυφαινολικών ενώσεων οι οποίες έχουν την ικανότητα να μπλοκάρουν τις ελεύθερες ρίζες. Σε σύγκριση με άλλα αρωματικά φυτά της Μεσογείου η δράση του *Sideritis* χαρακτηρίζεται μέτρια (Gonzalez-Burgos et al., 2011; Charami et al., 2008).

#### 4.5.9. Χρήσεις- Προϊόντα

Στην λαϊκή θεραπευτική χρησιμοποιείται ως ευστόμαχο, θερμαντικό, τονωτικό, διουρητικό, αποτοξινωτικό και εναντίον των κρυολογημάτων. Πιστεύεται ότι είναι ευεργετικό για τα αιμοφόρα αγγεία της καρδιάς. Το αφέψημα από τα υπέργεια τμήματα χρησιμοποιείται για τα κρυολογήματα, για τις παθήσεις του αναπνευστικού και για τις παθήσεις του ουροποιητικού, αφού είναι καλό διουρητικό. Το αφέψημα με ξυλαράκια κανέλλας και μέλι είναι μαλακτικό

και αντισηπτικό για το βήχα (Ανάσης, 1976; Θανασούλια και Σιατής, 2008; Carper και Καρύδη, 2004).

Στην Ισπανία επίσης χρησιμοποιούνται διάφορα αυτοφυή είδη στη λαϊκή θεραπευτική, κυρίως για μακροχρόνια θεραπεία φλεγμονωδών καταστάσεων. Ευρέως διαδεδομένη είναι η *S. angustifolia* Lagasca (κοινώς ουρά του γάτου "rabo de gato"), που χρησιμοποιείται ως λαϊκό φάρμακο, καθώς και στην Κτηνιατρική για τις πολύ σοβαρές πληγές των ζώων, κυρίως στην περιοχή της Valencia και στην Καταλωνία (Barber et al., 2002).

Οι ξεροί ανθοφόροι βλαστοί του χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ροφημάτων (τσάγια), που γίνονται με την προσθήκη μικρής ποσότητας δρόγης μέσα σε νερό που βράζει. Το αφήνουμε λίγα λεπτά της ώρας και ακολουθώς το στραγγίζουμε.

Το ρόφημα, που είναι πλούσιο σε σίδηρο είναι αρωματικό, υπόπικρο και θεωρείται ως ευστόμαχο, τονωτικό, εφιδρωτικό και αποχρεπτικό. Επιπλέον, δεν ερεθίζει το νευρικό σύστημα και γι' αυτό πλεονεκτεί του κοινού τσαγιού (Κευλάνης κ.λ.π.), γιατί δεν προκαλεί αϋπνία (Duke και Ζγουλέτα, 2006).

Επίσης αποτελεί και συστατικό πολλών τροφών και γλυκισμάτων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Υλικά και Μέθοδοι

#### 5.1. Γενικά

Το πειραματικό μέρος της παρούσας έρευνας διεξήχθη στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2017.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και στις μεθόδους που ακολουθήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος.

#### 5.2. Τοποθεσία πειραματικού αγρού

Στην περιοχή του Βελεστίνου και συγκεκριμένα στη συμβολή της παλαιάς Εθνικής οδού Λάρισας-Βόλου και της εισόδου στο Βελεστίνο, βρίσκεται το αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Π.Θ.), όπως φαίνεται με γαλάζιο χρώμα στην Εικόνα 5.1 και το οποίο αποτελείται από τεμάχια συνολικής έκτασης 150 στρεμμάτων.



**Εικόνα 5.1.** Δορυφορική άποψη του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο πειραματικός αγρός στον οποίο διεξήχθη το πείραμα βρίσκεται στο κεντρικό και μεγαλύτερο τμήμα του αγροκτήματος (Εικόνα 5.2).



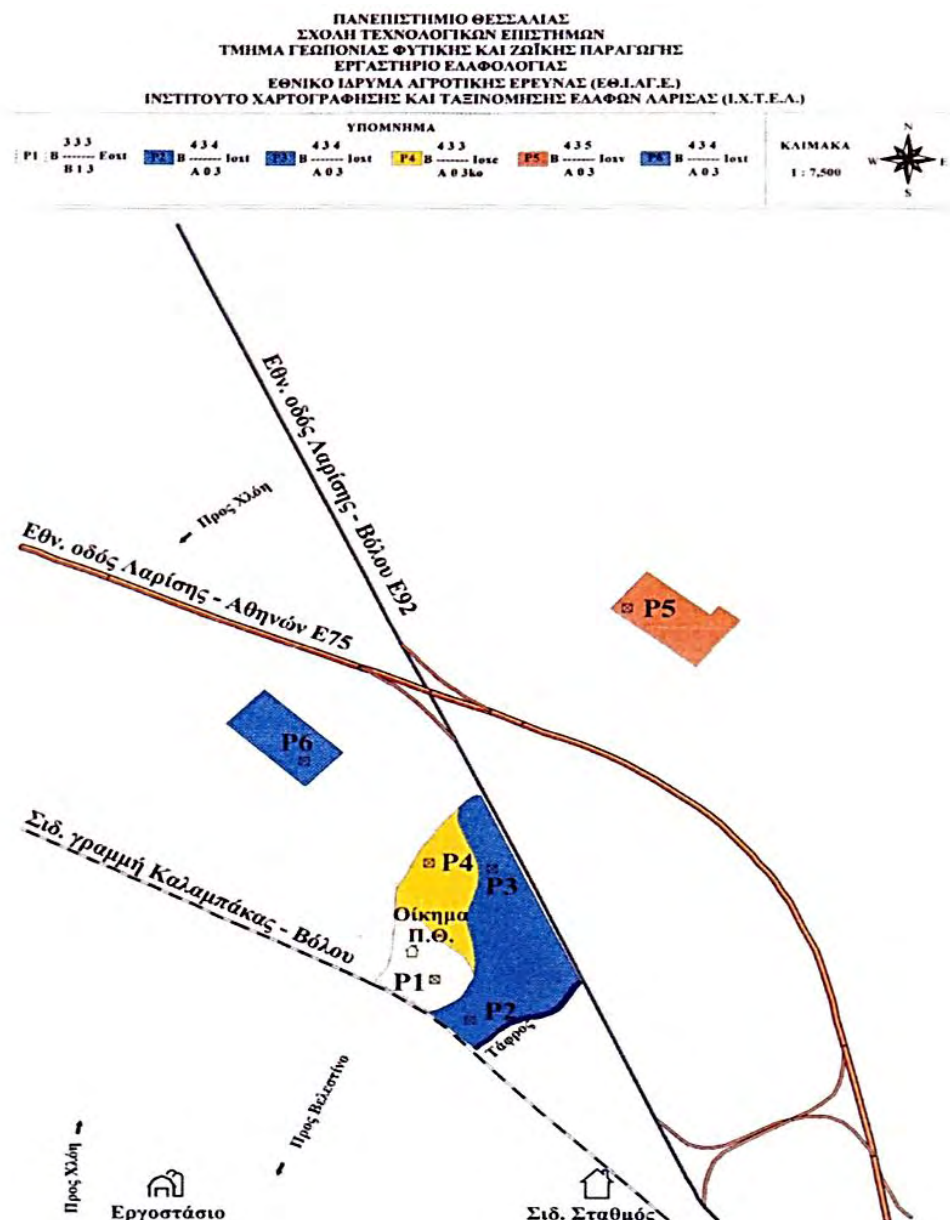
**Εικόνα 5.2.** Δορυφορική άποψη του πειραματικού αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η συνολική έκταση του πειράματος ήταν  $400\text{m}^2$  ( $175\text{m}^2$  η έκταση των πειραματικών αγροτεμαχίων). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του πειραματικού αγρού είναι  $39^{\circ}23'38.00''\text{N}$  (γεωγραφικό πλάτος) και  $22^{\circ}45'23.00''\text{E}$  (γεωγραφικό μήκος), ενώ το υψόμετρο της περιοχής είναι  $80\text{m}$  πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Στην περιοχή επικρατεί τυπικό Μεσογειακό κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από ζεστά - ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς - υγρούς χειμώνες.

### **5.3. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού**

Ολόκληρη η έκταση του αγροκτήματος βρίσκεται σε μια ενιαία γεωμορφή, της οποίας τα εδάφη συνίστανται κυρίως από τις αλλουβιακές αποθέσεις της λεκάνης της πρώην αποξηραμένης λίμνης Βοιβηίδας (Κάρλας). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της εδαφοτομής  $P_2$  (Μήτσιος, 2000), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.



**Σχήμα 5.1.** Χάρτης οριοθέτησης των εδαφοτομών του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Μήτσιος, 2000).

Η εδαφοτομή P2 αντιπροσωπεύει τη μισή περίπου έκταση του κεντρικού τμήματος του αγροκτήματος και εκτείνεται στα ανατολικά του μικρού λοφίσκου (εδαφοτομή P1). Τα εδάφη της εδαφοτομής P2 ταξινομούνται στην υποομάδα των Typic Xerochrept των Inceptisols, αφού παρατηρείται έναρξη διαδικασίας εδαφογένεσης με το σχηματισμό «καμβικού» ορίζοντα και την εμφάνιση «ωχρού» επιπέδου υπεράνω του διαγνωστικού ορίζοντα και στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας xeric και εδαφικής θερμοκρασίας thermic (Μήτσιος, 2000).

Τα τυπικά χαρακτηριστικά που μπορεί να έχουν τα εδάφη αυτά σύμφωνα με το Μήτσιο (2000), είναι:

- Mesic ή θερμότερο καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας.
- Ένα ουμβρικό (umbric) ή μολικό (mollic) επίπεδο πάχους 25cm ή μικρότερο.
- Xeric καθεστώς εδαφικής υγρασίας.
- Διαφορά θερμοκρασίας 5°C ή μεγαλύτερη μεταξύ θέρους και χειμώνα σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια.
- Φαινομενική πυκνότητα εδάφους σε υγρασία 1/3bar μεγαλύτερη από 0,5gr/cm.
- Σύμπλοκο ανταλλαγής κατιόντων χωρίς άμορφα και ηφαιστειογενή υλικά.
- Μεγάλη καθαρότητα χρώματος.
- Δεν έχουν plaggen επίπεδο.
- Δεν έχουν fragipan ή duripan ορίζοντα.

Σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη του Μήτσιου (2000) τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εδαφοτομής P<sub>2</sub> είναι τα παρακάτω:

- Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη.
- Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με B βαθμό αποστράγγισης και βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους εξαιτίας της πετρώδους σύστασής του.
- Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή και σε επίπεδα μετρίως χαμηλά (5%) και δείχνουν μια σαφή τάση μετακίνησης και έκπλυσης προς τα βαθύτερα στρώματα αυτής.
- Ο βαθμός οξύτητας (pH) βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα (7,9-8,2).
- Το πορώδες είναι καλά αναπτυγμένο αποτελούμενο κυρίως από μικρού και μέσου μεγέθους πόρους.
- Ο διαθέσιμος φώσφορος είναι 20ppm σε βάθος εδάφους 0-34cm.
- Η οργανική ουσία με τιμές μικρότερες του 1,1% βρίσκεται σε επίπεδα κάτω από το μέσο όρο των Ελληνικών εδαφών (1,5%) και μειώνεται με το βάθος (1,1%-0,3%).

- Τα ανταλλάξιμα ιόντα Na, Mg, K και η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (C.E.C.) γενικά βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι φυσικές (Πίνακας 5.1) και οι χημικές (Πίνακας 5.2) ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P<sub>2</sub> αναλυτικά.

**Πίνακας 5.1.** Φυσικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P<sub>2</sub> (Μήτσιος, 2000).

| Τάξη: Inceptisol<br>Υποομάδα: Typic xerochrept |           |                    | Χαρτ. Μονάδα: $B \frac{43 \times 4}{A03} I_{ox}$ |    |    |     |        |                |
|--|-----------|--------------------|--|----|----|-----|--------|----------------|
| Βάθος<br>(cm)                                  | Οριζοντας | Χρώμα<br>(ύφουγρο) | Κοκκομετρική<br>Σύσταση (%)                      |    |    | Υφή | Δομή   | Όριο Οριζόντων |
|  |           |                    | S  | Si | C  |     |        |                |
| 0-34   | Ap        | 10YR 4/6           | 25   | 38 | 37 | CL  | 3m sbk | A              |
| 34-62  | BA        | 10YR 3/4           | 30   | 29 | 41 | C   | 1f sbk | G              |
| 62-96  | Bw        | 10YR 3/3           | 35   | 28 | 37 | CL  | 2f sbk | G              |
| 96-114   | BC        | 10YR 4/4           | 47   | 22 | 31 | SCL | 2f sbk | C              |
| 114-154  | C         | 7,5YR 4/4          | 56   | 17 | 27 | SCL | 1f sbk |                |

**Πίνακας 5.2.** Χημικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P<sub>2</sub> (Μήτσιος, 2000).

| Βάθος<br>(cm) | Οργανική<br>Ουσία<br>(gr/100gr) | CaCO <sub>3</sub><br>(%) | pH<br>(1:1) | P<br>Olsen<br>(ppm) | Ανταλλάξιμα κατιόντα (meq/100gr) |      |       |      | ΙΑΚ<br>(meq/100gr) |
|---------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|------|-------|------|--------------------|
|               |                                 |                          |             |                     | K                                | Na   | Ca    | Mg   |                    |
| 0-34          | 1,10                            | 5,0                      | 7,9         | 20                  | 0,27                             | 0,07 | 25,5  | 6,16 | 32,0               |
| 34-62         | 1,07                            | 14,5                     | 8,1         | 9                   | 0,38                             | 0,15 | 23,73 | 8,54 | 32,8               |
| 62-96         | 0,70                            | 10,7                     | 8,2         | 12                  | 0,26                             | 0,32 | 23,64 | 7,78 | 32,0               |
| 96-114        | 0,50                            | 5,0                      | 8,2         | 9                   | 0,29                             | 0,36 | 19,45 | 6,70 | 26,8               |
| 114-154       | 0,13                            | 4,6                      | 8,0         | 12                  | 0,29                             | 0,25 | 17,17 | 5,49 | 23,2               |

Συνοπτικά, το έδαφος των πειραματικών τεμαχίων είναι είναι ασβεστούχο, αργιλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Η υφή αυτού του εδάφους χαρακτηρίζεται αμμοαργιλοπηλώδης έως και αργιλώδης, ενώ η κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη ως λεπτόκοκκη. Το pH του βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα και έχει καλά αναπτυγμένο πορώδες, το οποίο αποτελείται από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους.



#### 5.4. Πειραματικός σχεδιασμός

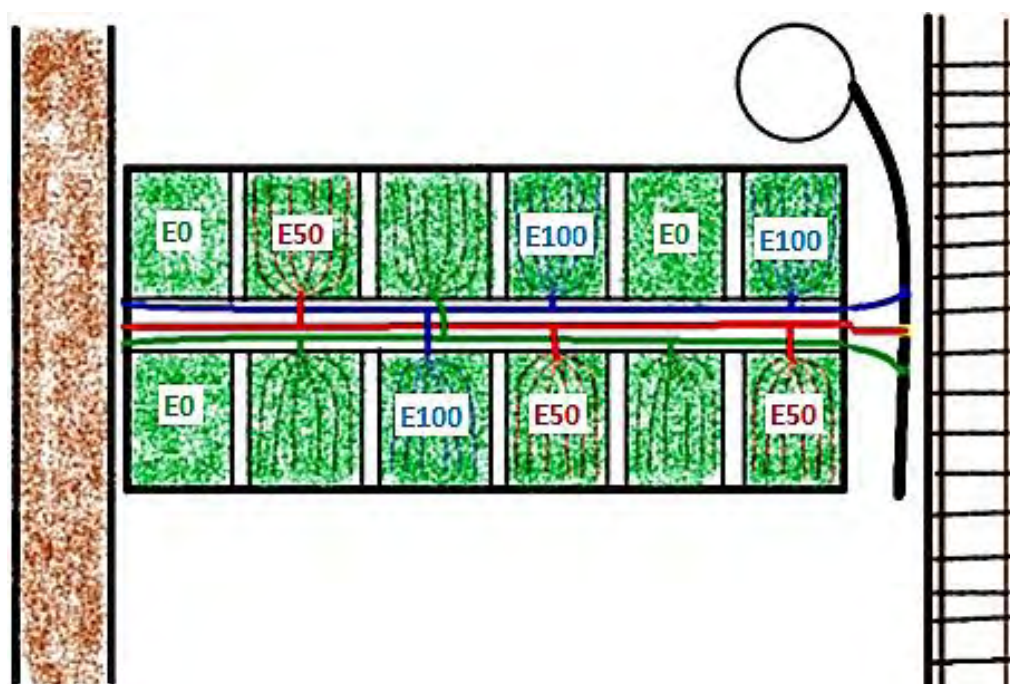
Η σωστή σχεδίαση ενός πειράματος αποτελεί τη βάση για την διεξαγωγή σωστών συμπερασμάτων (Montgomery, 2012).

Έτσι, το πειραματικό σχέδιο, που επιλέχθηκε για το συγκεκριμένο πείραμα, ήταν πλήρως τυχαιοποιημένο (RCB), με τέσσερις μεταχειρίσεις σε τρεις επαναλήψεις, όπως αυτές φαίνονται αναλυτικά παρακάτω. Η μέθοδος άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η μέθοδος Penman-Monteith κατά FAO-56.

Οι τρεις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν όμως στη μελέτη αυτή ήτοι:

- επιφανειακή στάγδην άρδευση στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος Penman-Monteith κατά FAO-56 στο 100% των ημερήσιων αναγκών της καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) (E100)
- επιφανειακή στάγδην άρδευση στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος Penman-Monteith κατά FAO-56 στο 50% των ημερήσιων αναγκών της καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) (E50)
- μάρτυρας (δεν εφαρμόστηκε άρδευση) (E0).

Η τυχαιοποίηση όλων των πειραματικών τεμαχίων έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Minitab v.16. Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στον αγρό φαίνεται στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2. Διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στον αγρό.

Στο Σχήμα 5.2 παρατηρούμε το σύνολο του πειραματικού μας αγρού (3 μεταχειρίσεις με 3 επαναλήψεις).

Οι επαναλήψεις της μεταχείρισης E0 είναι τα πράσινα κομμάτια στη εικόνα που δεν φέρουν σταλακτηφόρους αγωγούς. Οι επαναλήψεις της μεταχείρισης E50 είναι τα πράσινα κομμάτια στη εικόνα με σταλακτηφόρους αγωγούς κόκκινου χρώματος και οι επαναλήψεις της μεταχείρισης E100 είναι τα πράσινα κομμάτια στη εικόνα με σταλακτηφόρους αγωγούς μπλε χρώματος.

## **5.5. Καλλιεργητικές εργασίες**

### **5.5.1. Προετοιμασία του εδάφους**

Η σωστή προετοιμασία του εδάφους είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση των ζιζανίων, την διατήρηση της υγρασίας του εδάφους και την διασφάλιση της καλής βλάστησης των σπόρων στα βαριά εδάφη. Σύμφωνα με τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.), που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 142B'/2004, η κατεργασία του εδάφους πρέπει να περιορίζεται, όσο είναι δυνατόν, στις απαραίτητες επεμβάσεις.

Σε όλα τα πειραματικά τεμάχια, το φθινόπωρο του 2014, πραγματοποιήθηκε αναμόχλευση του εδάφους με βαρύ καλλιεργητή ώστε να μειωθεί η συνεκτικότητά του και να βελτιωθεί η διείσδυση των ριζών σε αυτό.

Στη συνέχεια, στις αρχές της άνοιξης του 2015, πραγματοποιήθηκε σκαφή του εδάφους με περιστρεφόμενο σκαπτικό (φρέζα), τύπου Terra Rotavator TM 186, για τον θρυμματισμό της επιφάνειας του εδάφους και την καταστροφή των ανοιξιόατικών ζιζανίων.

Μετά την κατεργασία του εδάφους έγινε χάραξη των πειραματικών τεμαχίων.

### **5.5.2. Εγκατάσταση καλλιέργειας και διάταξη πειραματικών τεμαχίων**

Η αρχική εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 24 Μαρτίου του 2015. Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.). Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι χειρός ανοίχτηκαν 6 αυλάκια βάθους 4-5cm για κάθε επανάληψη καθώς κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε 6 σειρές φυτών. Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών ήταν 50cm επί των γραμμών φύτευσης και 50cm μεταξύ αυτών. Σε κάθε σειρά υπήρχαν 10 φυτά, δηλαδή 60 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο ή συνολικά 720 φυτά (πληθυσμιακή πυκνότητα 4000

φυτά/στρ.). Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το 3<sup>ο</sup> έτος του καλλιεργητικού κύκλου (το 2017).

Κάθε επανάληψη είχε πλάτος 3,5m και μήκος 5,5m και μεταξύ τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 1,0m για την διευκόλυνση των παρατηρήσεων και των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών.

Η συνολική έκταση που είχε παραχωρηθεί και για τα 12 πειραματικά τεμάχια (Σχήμα 5.2) ήταν περίπου 250m<sup>2</sup>.

### 5.5.3. Έλεγχος ζιζανίων

Τέλος Φεβρουαρίου του 2017 ξεκίνησαν οι πρώτες καλλιεργητικές εργασίες, που αφορούσαν την τρίτη καλλιεργητική χρονιά δηλαδή σκαλίσματα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά με χρήση σκαλιστηριών, με σκοπό τον αερισμό του εδάφους αλλά και τον καθαρισμό από τα ζιζάνια.

Τα σκαλίσματα επαναλήφθηκαν σχεδόν κάθε μήνα, μέχρι και τον Νοέμβριο. Έτσι έγιναν συνολικά 4 επεμβάσεις την άνοιξη, 3 επεμβάσεις το καλοκαίρι και 3 επεμβάσεις το φθινόπωρο.

Επίσης, εκτός από τη χρήση σκαλιστηριών γινόταν και βοτάνισμα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα ανταγωνιστικά με το φυτό ζιζάνια, αλλά και να διευκολυνθεί η συγκομιδή.

Στον Πίνακα 5.3 αναφέρονται τα κυριότερα ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια με την επιστημονική τους ονομασία, την οικογένεια που ανήκουν και το κοινό όνομά τους.

**Πίνακας 5.3.** Κυριότερα ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια κατά τη διάρκεια του πειράματος.

| Επιστημονική ονομασία         | Οικογένεια     | Κοινό όνομα    |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | Convolvulaceae | Περικοκλάδα    |
| <i>Aster squamatus</i>        | Asteraceae     | Αστέρας        |
| <i>Conyza spp.</i>            | Asteraceae     | Κόνυζα         |
| <i>Xanthium strumarium</i>    | Asteraceae     | Αγριομελιτζάνα |
| <i>Cynodon dactylon</i>       | Poaceae        | Αγριάδα        |
| <i>Sorghum halepense</i>      | Poaceae        | Βέλιουρας      |
| <i>Solanum elaeagnifolium</i> | Solanaceae     | Γερμανός       |
| <i>Portulaca oleracea</i>     | Portulacaceae  | Αντράκλα       |



Τα σοβαρότερα προβλήματα παρουσιάστηκαν από την περικοκλάδα, ιδιαίτερα πριν την συγκομιδή των ανθοφόρων βλαστών, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες από την αγριάδα και τον βέλιουρα.

Επίσης, στα αρδευόμενα αγροτεμάχια έντονο ήταν το πρόβλημα από κόνυζα και αστέρα, η ανάπτυξη των οποίων, φαίνεται να ευνοήθηκε από την εφαρμογή της άρδευσης.



**Εικόνα 5.3.** Άποψη του πειραματικού πριν το σκάλισμα (πειραματικός αγρός).



**Εικόνα 5.4.** Άποψη του πειραματικού μετά το σκάλισμα (πειραματικός αγρός).

#### **5.5.4. Λίπανση - Φυτοπροστασία**

Στα πλαίσια της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών δεν πραγματοποιήθηκε κανενός είδους λιπαντική αγωγή ή άλλου είδους προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος των πειραματικών τεμαχίων.

Επίσης, δεν πραγματοποιήθηκε καμία επέμβαση φυτοπροστασίας, αφού μακροσκοπικά δεν παρουσιάστηκαν προσβολές από έντομα ή παθογόνους μικροοργανισμούς και ειδικότερα στα αρδευόμενα τεμάχια, δεν διαπιστώθηκε προσβολή από σηνιρριζίες ή αδρομυκώσεις.

### **5.6. Άρδευση**

#### **5.6.1. Επιφανειακή στάγδην άρδευση**

Η αρχική εγκατάσταση του συστήματος επιφανειακής στάγδην άρδευσης έγινε στις 21 Απριλίου του 2015. Το σύστημα άρδευσης αποτελούνταν από το αντλητικό συγκρότημα, τη μονάδα ελέγχου, το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο εφαρμογής.

Η μονάδα ελέγχου περιλάμβανε, ένα φίλτρο σίτας, 9 υδρόμετρα (ένα για κάθε επανάληψη) (Εικόνα 5.5) και 3 ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος με ενσωματωμένο προγραμματιστή άρδευσης, με σκοπό την αυτοματοποίησή της (στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι δύο) (Εικόνα 5.6). Επίσης από την δεξαμενή συνολικού όγκου 50m<sup>3</sup>, από υποβρύχια αντλία και με σωλήνα Φ32, γινόταν η τροφοδοσία με νερό.



**Εικόνα 5.5.** Υδρόμετρο (πειραματικός αγρός).



**Εικόνα 5.6.** Προγραμματιστής άρδευσης (πειραματικός αγρός).

Το δίκτυο μεταφοράς περιλάμβανε τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο. Είχαν διάμετρο 32mm και πίεση λειτουργίας που αντιστοιχούσε σε 2atm και μετέφεραν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Οι αγωγοί τροφοδοσίας, είχαν διάμετρο 25mm και ίδια με την παραπάνω πίεση λειτουργίας και μετέφεραν το νερό στους σταλακτηφόρους σωλήνες, οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από μαλακό πολυαιθυλένιο και είχαν διάμετρο 20mm.

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε κάθε γραμμή φυτών. Έφεραν εντός τους σταλάκτες (Εικόνα 5.7), με ισαποχή 50cm επί των σωλήνων, δηλαδή ένας για κάθε φυτό. Η ονομαστική παροχή τους ήταν 4 lt/h, σε ευρύ πεδίο πιέσεων, με σκοπό να διατηρούν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής άρδευσης την παροχή.





**Εικόνα 5.7.** Σταλακτηφόρος σωλήνας με τον σταλάκτη (πειραματικός αγρός).

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο σταλάκτης, που είναι η σημειακή πηγή νερού, καθώς και οι μικρές παροχές ανά σταλάκτη, ώστε να αποφεύγεται η απορροή ή το λίμνασμα στην επιφάνεια των πειραματικών τεμαχίων.

Για τη διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα της τάσης του νερού, το πότισμα γίνεται με μεγάλη συχνότητα. Κάτω από το σταλάκτη και σε συγκεκριμένο βάθος του εδάφους, δημιουργείται ένας εδαφικός όγκος, μέσα στον οποίο υπάρχουν ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).



**Εικόνα 5.8.** Σύστημα Στάγδην Άρδευσης (πειραματικός αγρός 1<sup>ο</sup> έτος).





**Εικόνα 5.9.** Σύστημα Στάγδην Άρδευσης (πειραματικός αγρός 2<sup>ο</sup> έτος).



**Εικόνα 5.10.** Σύστημα Στάγδην Άρδευσης (πειραματικός αγρός 3<sup>ο</sup> έτος).

### **5.6.2. Συντήρηση συστημάτων άρδευσης**

Κατά την εγκατάσταση των συστημάτων στον αγρό και πριν την έναρξη των αρδεύσεων με στάγδην άρδευση, διενεργούνται έλεγχος της σωστής λειτουργίας τους. Συγκεκριμένα οι εργασίες που γίνονται κάθε φορά, περιλάμβαναν οι εξής:

- Έλεγχο και καθαρισμό του φίλτρου σίτας.

- Έλεγχο της σωστής λειτουργίας των ηλεκτροβαλβίδων.
- Έλεγχο της σωστής λειτουργίας του προγραμματιστή άρδευσης και αντικατάσταση της μπαταρίας του.

Κατά την περίοδο λειτουργίας των συστημάτων άρδευσης και κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων με στάγδην άρδευση, διενεργούνταν οι εξής έλεγχοι:

- Οπτικός έλεγχος της σωστής λειτουργίας των σταλακτών (βάσει της έκτασης της ζώνης διαβροχής του εδάφους).
- Έλεγχος των ενδείξεων των υδρομετρητών.
- Έλεγχος του κριτηρίου Christiansen (1942) σε κάθε επιφανειακό αγωγό εφαρμογής, σύμφωνα με το οποίο η διαφορά πίεσης μεταξύ του πρώτου και τελευταίου σταλάκτη, δεν πρέπει να ξεπερνά το 20%.

## **5.7. Μετρήσεις χαρακτηριστικών της καλλιέργειας**

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών, το χλωρό και ξηρό τους βάρος και αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών για τη μεταχείριση που αρδεύτηκε στο 100% της ημερήσιας ΕΤο (Ε100), τη μεταχείριση που αρδεύτηκε στο 50% της ημερήσιας ΕΤο (Ε50) και τη μεταχείριση του μάρτυρα (καμία εφαρμογή άρδευσης) (Ε0).

Ακολούθησε στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

### **5.7.1. Μέτρηση του ύψους των φυτών**

Για την παρατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης στο Τσάι του Βουνού, έγινε μέτρηση του ύψους των φυτών την ημέρα που πραγματοποιήθηκε και η συγκομιδή. Σε κάθε μια από τις τρεις μεταχειρίσεις και για τις τρεις επαναλήψεις, έγινε τυχαία επιλογή 10 φυτών. Το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης προέκυψε από το σύνολο των φυτών και των τριών επαναλήψεων.





**Εικόνα 5.11.** Μέτρηση του ύψους των φυτών (πειραματικός αγρός).

### 5.7.2. Συγκομιδή

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 19/5/2017, μόλις διαπιστώθηκε ότι τα φυτά ήταν σε πλήρη άνθιση και πριν το πέρας της ανθοφορίας τους (Εικόνα 5.13).



**Εικόνα 1.12.** Καλλιέργεια στην αρχή της ανθοφορίας (πειραματικός αγρός).





**Εικόνα 5.13.** Καλλιέργεια σε πλήρη άνθιση (πειραματικός αγρός).

Για την κοπή των ανθισμένων βλαστών χρησιμοποιήθηκαν μικρά δρεπανάκια και μικρά μαχαίρια (Εικόνα 5.14). Στη συνέχεια, δύο με τρεις «χεριές» δέθηκαν μεταξύ τους και δημιουργήθηκαν μικρά δεματάκια ή «ματσάκια» (Εικόνες 5.15, 5.16 και 5.17), προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις για το σκοπό της μελέτης (ζύγισμα βάρους) και στη συνέχεια να τοποθετηθούν για ξήρανση. Κατά τη συγκομιδή κόπηκε ολόκληρη η ταξιανθία και κάτω από αυτή ένα τμήμα του βλαστού, μήκους περίπου 5 ως 6cm.



**Εικόνα 5.14.** Εργαλεία κοπής (πειραματικός αγρός).





**Εικόνες 5.15 και 5.16.** Μικρά δεματάκια ή «ματσάκια» τσαγιού (πειραματικός αγρός).



**Εικόνα 5.17.** Δεματοποίηση τσαγιού προς ζύγιση και ξήρανση (πειραματικός αγρός).

### **5.7.3. Μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών**

Την ημέρα της συγκομιδής (19/5/2017), ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας το χλωρό βάρος των φυτών και ο μέσος όρος προέκυψε από το σύνολο των 30 φυτών της κάθε μεταχείρισης (Εικόνα 5.18).





**Εικόνα 5.18.** Ζύγιση με ζυγό ακριβείας

#### **5.7.4. Ξήρανση**

Η ποσότητα που συγκομίσθηκε μεταφέρθηκε έπειτα για ξήρανση σε κατάλληλο χώρο. Η ξήρανση πραγματοποιήθηκε προκειμένου οι ανθοφόροι βλαστοί να αποκτήσουν χρώμα πρασινοκίτρινο που είναι και το επιθυμητό και να μην υποβαθμιστεί η ποιότητά τους.

#### **5.7.5. Μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών**

Αφού τα φυτά παρέμειναν για ξήρανση 10 ημέρες, στη συνέχεια έγινε η μέτρηση του ξηρού βάρους χρησιμοποιώντας το ζυγό ακριβείας.

#### **5.7.6. Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών**

Οι αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Αναλύσεων Βιολογικών Υλικών - Φυτικών και Ζωικών ιστών - Νερών - Εδαφών και Αγροχημικών Προϊόντων του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Λάρισας. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

Αρχικά ομογενοποιήθηκαν μαζί φύλλα, άνθη και στέλεχος. Έπειτα, 3g του ομογενοποιημένου δείγματος παρέμειναν για 10 λεπτά σε 100ml βρασμένου απιονισμένου νερού και έγινε παραλαβή του εκχυλίσματος με διήθηση.

Οι ολικές φαινόλες εκφράστηκαν ως ισοδύναμο γαλλικού οξέος με το αντιδραστήριο Folin και η αντιοξειδωτική ικανότητα εκφράστηκε ως Trolox ισοδύναμο αντιοξειδωτικής ικανότητας (TEAC) με την μέθοδο FRAP.

### **5.8. Ποσότητα του νερού άρδευσης**

Η ποσότητα του νερού άρδευσης που εφαρμοζόταν σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, σε κάθε μεταχείριση, αλλά και συνολικά, ελεγχόταν μέσω υδρογνομώνων (υδρομετρητών) (Εικόνα 5.5). Οι υδρομετρητές ήταν εγκαταστημένοι στο σημείο υδροληψίας του κάθε πειραματικού τεμαχίου δηλαδή στο σημείο όπου συνδεόταν ο αγωγός τροφοδοσίας με τους αγωγούς εφαρμογής όπως έχει προαναφερθεί. Για όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 12 υδρομετρητές νερού. Η καταγραφή των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζονταν, γίνονταν πριν και μετά το τέλος κάθε άρδευσης. Επιπλέον, πραγματοποιούνταν σύγκριση της συνολικής ποσότητας νερού που κατέγραφαν οι υδρομετρητές, με την ποσότητα που κατέγραφαν οι κεντρικοί υδρομετρητές στις κεφαλές ελέγχου.

Με τακτικό έλεγχο των υδρομετρητών εξασφαλιζόταν η έγκαιρη διαπίστωση και αποκατάσταση τυχόν δυσλειτουργιών ή αστοχίας του συστήματος. Έτσι, κατέστη δυνατόν ο έλεγχος της ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού άρδευσης και των τυχόν αποκλίσεων από την επιθυμητή δόση άρδευσης.

### **5.9. Κλιματικά δεδομένα**

Κατά την διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων, τα μετεωρολογικά δεδομένα συλλέγονταν και καταγράφονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής (Εικόνα 5.19).

Ο μετεωρολογικός σταθμός ήταν εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, σε απόσταση περίπου 50m από το μέσο του πειραματικού αγρού. Τα μετεωρολογικά δεδομένα συλλέγονταν και καταγράφονταν ανά 12min. Ειδικότερα, καταγράφονταν η θερμοκρασία αέρος (°C), η σχετική υγρασία αέρος (%), η βροχόπτωση (mm), η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2m από την επιφάνεια του εδάφους (m/s) και τέλος η ηλιακή ακτινοβολία (W/m).



**Εικόνα 5.19.** Ο αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

Ο μετεωρολογικός σταθμός ήταν ο MetosCompact, της εταιρείας Pessl Instruments GmbH, που εδρεύει στην Αυστρία. Ο μετεωρολογικός σταθμός αποτελείται από το κεντρικό τμήμα, στο οποίο βρίσκεται το καταγραφικό σύστημα και η κεντρική πλακέτα ελέγχου, από τους αισθητήρες, από το φωτοβολταϊκό σύστημα και από το σύστημα τηλεμετρίας.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο το οποίο παράγει την απαιτούμενη ενέργεια για να λειτουργήσει ο μετεωρολογικός σταθμός και από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο το οποίο παράγει την απαιτούμενη ενέργεια για να λειτουργήσει το σύστημα τηλεμετρίας.

Το σύστημα τηλεμετρίας αποτελείται από ένα διαμορφωτή-αποδιαμορφωτή ή modem (modulator-demodulator), το οποίο λειτουργεί ως εξυπηρετητής GSM. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα οποιοσδήποτε ηλεκτρονικός υπολογιστής που είναι εξοπλισμένος με modem (ψηφιακό ή αναλογικό) και έχει πρόσβαση σε γραμμή τηλεφωνίας (επίγεια ή κυψελωτή) να συνδεθεί στο σταθμό και να εκτελέσει διάφορες εργασίες, όπως να λάβει (download) τα δεδομένα και να ελέγξει την κατάσταση λειτουργίας του σταθμού.

Προϋπόθεση για τη διασύνδεση του μετεωρολογικού σταθμού με οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω τηλεμετρίας, είναι η ύπαρξη του κατάλληλου λογισμικού. Το λογισμικό

αυτό ονομάζεται MetLink και το παρέχει η κατασκευάστρια εταιρεία του σταθμού. Το MetLink έχει τη δυνατότητα να συνδέεται μέσω τηλεμετρίας στον μετεωρολογικό σταθμό, να λαμβάνει τα δεδομένα και να τα αποθηκεύει στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του χρήστη, σε αρχείο τύπου βάσης δεδομένων. Έτσι, κάθε φορά που το MetLink συνδέεται με τον μετεωρολογικό σταθμό δεν χρειάζεται να αντλεί όλα τα δεδομένα από την αρχή, αλλά μόνο όσα λείπουν από τη βάση δεδομένων, δηλαδή τα μεταγενέστερα του σημείου όπου είχε σταματήσει η προηγούμενη λήψη.

Το λογισμικό MetLink, εκτός από τις παραπάνω λειτουργίες, παρέχει και τη δυνατότητα αυτόματου υπολογισμού της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς. Ο υπολογισμός γίνεται βάσει της τροποποιημένης συνδυαστικής μεθόδου των Penman-Monteith, όπως αυτή περιγράφεται στο Irrigation and drainage paper 56 του Food and Agricultural Organization (Allen et al., 1998).

#### 5.10. Υπολογισμός δόσης άρδευσης

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της δόσης και της διάρκειας άρδευσης με τη μέθοδο του Penman-Monteith κατά FAO-56 ήταν η παρακάτω. Αρχικά λαμβάνονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET<sub>0</sub>). Στη συνέχεια, καθοριζόταν το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και υπολογιζόταν ο φυτικός συντελεστής (K<sub>c</sub>) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>).

Η ET<sub>c</sub> εκφράζει τις απώλειες μιας καλλιέργειας σε νερό. Επομένως, η αρδευτική δόση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον όση και οι απώλειες νερού. Έτσι, η δόση άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν πλήρως υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$D_n = \frac{ET_0 \times K_c - P_e}{EFF} \quad [5.1]$$

όπου:

D<sub>n</sub>: είναι η δόση άρδευσης για την πλήρως αρδευόμενη μεταχείριση (E100) (mm),

ET<sub>0</sub>: είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm),

K<sub>c</sub>: είναι ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας (αδιάστατος),

P<sub>e</sub>: είναι η ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) και

EFF: είναι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος στάγδην άρδευσης.

Η δόση άρδευσης για την ελλειμματικά αρδευόμενη μεταχείριση (E50) ήταν το γινόμενο του Dn επί τον συντελεστή 0,5 ο οποίος εξέφραζε το 50% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

### **5.11. Υπολογισμός ωφέλιμης ή ενεργού βροχόπτωσης (Pe)**

Ωφέλιμη ή ενεργός βροχόπτωση (Pe) είναι το ποσοστό της συνολικής βροχόπτωσης, σε μια καλλιέργεια και σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, το οποίο είναι διαθέσιμο για να καλύψει τις ανάγκες της διαπνοής της καλλιεργημένης έκτασης (Bos and Nugteren, 1990).

Όταν η βροχόπτωση είναι μικρότερη από το 20% της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, θεωρείται αμελητέα, διότι εξατμίζεται πλήρως. Το ποσοστό της βροχόπτωσης που χάνεται μέσω της επιφανειακής απορροής εξαρτάται από την σφοδρότητα της βροχής, την κλίση του αγρού και τον τύπο, τις υδραυλικές παραμέτρους και το ποσοστό της υγρασίας του εδάφους.

Γενικά, η επιφανειακή απορροή θεωρείται αμελητέα για υπολογισμούς ημέρας, διότι το πλεονάζον νερό θεωρείται ότι αναπληρώνει το έδαφος μέχρι το σημείο της υδατοϊκανότητάς του (Allen et al., 1998). Τέλος, σε βροχοπτώσεις με μεγάλο όγκο νερού σε μικρές περιόδους θεωρείται ότι το επιπλέον νερό χάνεται ως βαθιά διήθηση.

Στην παρούσα έρευνα δεν υπήρχαν απώλειες του νερού λόγω βαθιάς διήθησης, ούτε ανύψωση υπογείου νερού. Η βροχόπτωση που ήταν μεγαλύτερη από το 20% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, πολλαπλασιάστηκε με έναν συντελεστή ωφελιμότητας ίσο με 0,8 ώστε να καλυφθούν απώλειες λόγω εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους.

### **5.12. Υπολογισμός αποδοτικότητας εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες (EFF)**

Κάθε μέθοδος άρδευσης έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει όσο δυνατόν πιο ομοιόμορφα το νερό σε όλα τα φυτά. Παρόλα αυτά όμως, κάθε μέθοδος παρέχει περισσότερο νερό σε ορισμένα φυτά και λιγότερο σε κάποια άλλα. Λόγω της διαφορετικότητας των μεθόδων άρδευσης, η αποδοτικότητα εκφράζεται σε κάθε μέθοδο με διαφορετικό τρόπο.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, της οποίας η αποδοτικότητα υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$EFF = TR \cdot EU \quad [5.2]$$

όπου EFF είναι η αποδοτικότητα εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες ή βαθμός εφαρμογής του νερού, TR είναι το μέρος του νερού που διηθήθηκε στο έδαφος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα από την καλλιέργεια και EU είναι η ομοιομορφία ενστάλαξης.

Οι τιμές του TR κυμαίνονται από 0,9 σε ξηρά κλίματα με μικρό ποσοστό ύγρανσης και αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στο νερό, έως 1 σε υγρά κλίματα χωρίς προβλήματα αλάτων. Γενικά, σε ένα σύστημα που λειτουργεί σωστά σε Ελληνικές συνθήκες, η τιμή του TR είναι περίπου 0,95 (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Η ομοιομορφία ενστάλαξης (EU) σχετίζεται με την καλή λειτουργία των σταλακτών και την σταθερότητα της παροχής τους. Σε δίκτυο άρδευσης που λειτουργεί ικανοποιητικά, η ομοιομορφία ενστάλαξης μπορεί να φτάσει από 0,9 έως 0,95. Αν οι σταλάκτες είναι αυτορρυθμιζόμενοι, τότε η ομοιομορφία ενστάλαξης είναι ίση με 1 (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Στην παρούσα έρευνα η αποδοτικότητα εφαρμογής της άρδευσης θεωρήθηκε ίση με 1 (TR=1 και EU=1).

### 5.13. Υπολογισμός διάρκειας άρδευσης

Για τον υπολογισμό της διάρκειας στάγδην άρδευσης απαιτείται να είναι γνωστό το ωριαίο ύψος βροχής που εφαρμόζεται από το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης (στάγδην) που πρέπει να γνωρίζει ο μελετητής για να υπολογίσει το ωριαίο ύψος βροχής είναι:

- η παροχή κάθε σταλάκτη (L/h),
- ο αριθμός σταλακτών ανά φυτό (αδιάστατος) και
- η ισαποχή των σταλακτών επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (m).

Επιπλέον, απαραίτητη είναι και η γνώση των αποστάσεων σποράς ή φύτευσης, καθώς και η πυκνότητα φύτευσης, δηλαδή ο αριθμός των φυτών επί της γραμμής σποράς. Επομένως, όταν είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι, η διάρκεια άρδευσης και το ωριαίο ύψος βροχής υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$t = \frac{Dn}{Dh} \quad [5.3] \quad \text{και} \quad Dh = \frac{q \times n}{St \times Sr} \quad [5.4]$$

όπου:

t: η διάρκεια άρδευσης (h),

Dn: η δόση άρδευσης (mm)

Dh: το ωριαίο ύψος βροχής (mm/h),

q: η παροχή του σταλάκτη (L/h),

St: η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (m),

Sr: η ισαποχή των γραμμών σποράς ή φύτευσης (m),

n: ο αριθμός σταλακτάρων ανά δύο γραμμές φυτών και ο οποίος δίνεται από τη σχέση

$$n = \frac{St}{Se} \quad [5.5]$$

όπου Se: η ισαποχή των σταλακτάρων επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (αδιάστατος).

#### 5.14. Υπολογισμός εύρους άρδευσης

Το εύρος άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα καθορίστηκε στις 4 ημέρες. Για την ελαχιστοποίηση πιθανού σφάλματος όπως να μεσολαβεί μεγάλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του εύρους άρδευσης με τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης για κάθε μήνα της καλλιεργητικής περιόδου. Το άθροισμα των τιμών της πραγματικής ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει την πρακτική δόση άρδευσης. Για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης απαιτούνταν να είναι γνωστές οι ακόλουθοι παράμετροι:

- η υδατοϊκανότητα του εδάφους (FC),
- το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP),
- το βάθος ριζοστρώματος για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου (RD),
- το όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας (F),
- το ποσοστό διαβροχής του εδάφους (P),
- ο συντελεστής καλλιέργειας  $f_1$  για φυτά σε πλήρη ανάπτυξη,
- ο διορθωτικός συντελεστής  $f_2$  που σχετίζεται με το ποσοστό φυτοσκιάσεως,

- τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης (παροχή  $q$ , αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό  $n$ , βαθμός απόδοσης του συστήματος  $EFF$  και ισαποχή σταλακτήρων επί του αγωγού εφαρμογής  $Se$ ),
- οι αποστάσεις σποράς ή φύτευσης ( $Sr$ ),
- οι αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης ( $St$ ) και
- η μέγιστη ημερήσια εξατμισοδιαπνοή για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου ( $ET_{max}$ ).

Δεδομένα προηγούμενων ετών χρησιμοποιήθηκαν για την υδατοϊκανότητα του εδάφους ( $FC$ ), το σημείο μόνιμης μάρανσης ( $PWP$ ) καθώς και για την μέγιστη ημερήσια εξατμισοδιαπνοή για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου ( $ET_{max}$ ).

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω παραμέτρους προέκυψαν οι Πίνακες 5.4 και 5.5.

**Πίνακας 5.4.** Τιμές δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης.

|                 | <b>FC</b><br>(%κ.ό.) | <b>PWP</b><br>(%κ.ό.) | <b>RD</b><br>(mm) | <b>F</b> | <b>P</b> | <b>f<sub>1</sub></b> | <b>f<sub>2</sub></b> | <b>ET<sub>max</sub></b><br>(mm) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| <b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>  | 32,68                | 18,50                 | 350               | 0,45     | 1,00     | 1,00                 | 1,00                 | 1,62                            |
| <b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b> | 32,68                | 18,50                 | 350               | 0,45     | 1,00     | 1,00                 | 1,00                 | 3,05                            |
| <b>ΜΑΙΟΣ</b>    | 32,68                | 18,50                 | 350               | 0,45     | 1,00     | 1,00                 | 1,00                 | 3,61                            |
| <b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>  | 32,68                | 18,50                 | 350               | 0,45     | 1,00     | 1,00                 | 1,00                 | 4,82                            |
| <b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>  | 32,68                | 18,50                 | 350               | 0,45     | 1,00     | 1,00                 | 1,00                 | 5,35                            |



**Πίνακας 5.5.** Θεωρητικός υπολογισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης, του εύρους και της διάρκειας άρδευσης.

|  | ΜΑΡΤΙΟΣ | ΑΠΡΙΛΙΟΣ | ΜΑΪΟΣ | ΙΟΥΝΙΟΣ | ΙΟΥΛΙΟΣ |
|--|---------|----------|-------|---------|---------|
| <b>Διαθέσιμη υγρασία</b><br>$ASM = \frac{FC - PWP}{100} \times RD$ (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)             | 49,63   | 49,63    | 49,63 | 49,63   | 49,63   |
| <b>Πρακτική δόση άρδευσης</b><br>$Dn = \frac{ASM \times F \times P}{EFF}$ (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)      | 22,33   | 22,33    | 22,33 | 22,33   | 22,33   |
| <b>Ωριαίο ύψος βροχής</b><br>$Dh = \frac{q \times n}{St \times Sr}$ (mm/h)<br>όπου $n = \frac{St}{Se} = 1$ | 1       | 1        | 1     | 1       | 1       |
| <b>Διάρκεια άρδευσης</b><br>$t = \frac{Dn}{Dh}$ (h)  | 22,33   | 22,33    | 22,33 | 22,33   | 22,33   |
| <b>Εύρος άρδευσης</b><br>$D = \frac{Dn}{ET_{max}}$ (ημέρες)  | ≈14     | ≈7       | ≈6    | ≈8      | ≈4      |

όπου: St=0,5m, Sr=0,5m, Se=0,5m, q=4l/h και EFF=1

Η παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε μόνο για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης άρδευσης και του εύρους άρδευσης.

Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε, ο αριθμός και η διάρκεια των αρδεύσεων και για τις μεταχειρίσεις (E50 και E100), σύμφωνα με την μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.6).

**Πίνακας 5.6.** Πρόγραμμα άρδευσης καλλιέργειας κατά Penman-Monteith κατά FAO-56.

| Ημερομηνία | Ημέρες από την σπορά (24/3/2015) | Εξατμ/πνοή αναφοράς ET <sub>0</sub> (mm) | Βροχή B (mm) | Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm) | Φυτικός Συντελεστής K <sub>c</sub> | Εξατμ/πνοή καλλιέργειας ET <sub>c</sub> =ET <sub>0</sub> *K <sub>c</sub> (mm) | Δόση άρδευσης (100%) D <sub>n</sub> =(ET <sub>c</sub> -Pe)/EFF (mm) | Δόση άρδευσης (50%) D <sub>n</sub> =((ET <sub>c</sub> -Pe)/EFF)*0,5 (mm) | Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se | Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h) | Διάρκεια άρδευσης (100%) t= D <sub>n</sub> (100%)/Dh (h) | Διάρκεια άρδευσης (50%) t= D <sub>n</sub> (50%)/Dh (h) | Διάρκεια άρδευσης (E100) (h) | Διάρκεια άρδευσης (E50) (h) |
|------------|----------------------------------|--|--------------|-----------------------------|------------------------------------|---|---|--|----------------------------|--|--|--|------------------------------|-----------------------------|
| 24/3/2017  | 731                              | 3,46                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,29  | 3,29  | 1,64   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,10   |                              |                             |
| 25/3/2017  | 732                              | 3,59                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,41  | 3,41  | 1,71   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,11   |                              |                             |
| 26/3/2017  | 733                              | 3,60                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,42  | 3,42  | 1,71   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,11   |                              |                             |
| 27/3/2017  | 734                              | 0,81                                     | 1            | 0,8                         | 0,95                               | 0,77  | -0,03   | -0,02  | 1                          | 16   | 0,00   | 0,00   |                              |                             |
| 28/3/2017  | 735                              | 2,58                                     | 0            | 0                           | 0,95                               | 2,45  | 2,45  | 1,23   | 1                          | 16   | 0,15   | 0,08   |                              |                             |
| 29/3/2017  | 736                              | 3,22                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,06  | 3,06  | 1,53   | 1                          | 16   | 0,19   | 0,10   |                              |                             |
| 30/3/2017  | 737                              | 3,21                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,05  | 3,05  | 1,52   | 1                          | 16   | 0,19   | 0,10   |                              |                             |
| 31/3/2017  | 738                              | 2,80                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 2,66  | 2,66  | 1,33   | 1                          | 16   | 0,17   | 0,08   |                              |                             |
| 1/4/2017   | 739                              | 3,24                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,08  | 3,08  | 1,54   | 1                          | 16   | 0,19   | 0,10   |                              |                             |
| 2/4/2017   | 740                              | 3,48                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,31  | 3,31  | 1,65   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,10   |                              |                             |
| 3/4/2017   | 741                              | 1,31                                     | 0,2          | 0,16                        | 0,95                               | 1,24  | 1,08  | 0,54   | 1                          | 16   | 0,07   | 0,03   |                              |                             |
| 4/4/2017   | 742                              | 2,86                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 2,72  | 2,72  | 1,36   | 1                          | 16   | 0,17   | 0,08   |                              |                             |
| 5/4/2017   | 743                              | 2,43                                     | 5,2          | 4,16                        | 0,95                               | 2,31  | -1,85   | -0,93  | 1                          | 16   | -0,12  | -0,06  |                              |                             |
| 6/4/2017   | 744                              | 2,95                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 2,80  | 2,80  | 1,40   | 1                          | 16   | 0,18   | 0,09   |                              |                             |
| 7/4/2017   | 745                              | 2,66                                     | 6,60         | 5,28                        | 0,95                               | 2,53  | -2,75   | -1,38  | 1                          | 16   | -0,17  | -0,09  |                              |                             |
| 8/4/2017   | 746                              | 2,97                                     | 0,2          | 0,16                        | 0,95                               | 2,82  | 2,66  | 1,33   | 1                          | 16   | 0,17   | 0,08   |                              |                             |
| 9/4/2017   | 747                              | 3,28                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,12  | 3,12  | 1,56   | 1                          | 16   | 0,19   | 0,10   |                              |                             |
| 10/4/2017  | 748                              | 3,38                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,21  | 3,21  | 1,61   | 1                          | 16   | 0,20   | 0,10   |                              |                             |
| 11/4/2017  | 749                              | 3,53                                     | 1,60         | 1,28                        | 0,95                               | 3,35  | 2,07  | 1,04   | 1                          | 16   | 0,13   | 0,06   |                              |                             |
| 12/4/2017  | 750                              | 3,62                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,44  | 3,44  | 1,72   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,11   |                              |                             |
| 13/4/2017  | 751                              | 3,53                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,35  | 3,35  | 1,68   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,10   |                              |                             |
| 14/4/2017  | 752                              | 3,98                                     | 0,0          | 0                           | 0,95                               | 3,78  | 3,78  | 1,89   | 1                          | 16   | 0,24   | 0,12   |                              |                             |
| 15/4/2017  | 753                              | 4,16                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,95  | 3,95  | 1,98   | 1                          | 16   | 0,25   | 0,12   |                              |                             |
| 16/4/2017  | 754                              | 3,37                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,20  | 3,20  | 1,60   | 1                          | 16   | 0,20   | 0,10   |                              |                             |
| 17/4/2017  | 755                              | 0,74                                     | 19,20        | 15,36                       | 0,95                               | 0,70  | -14,66  | -7,33  | 1                          | 16   | -0,92  | -0,46  |                              |                             |
| 18/4/2017  | 756                              | 3,60                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,42  | 3,42  | 1,71   | 1                          | 16   | 0,21   | 0,11   |                              |                             |
| 19/4/2017  | 757                              | 4,18                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,97  | 3,97  | 1,99   | 1                          | 16   | 0,25   | 0,12   |                              |                             |

| Ημερομηνία | Ημέρες από την σπορά (24/3/2015) | Εξατμ/πνοή αναφοράς ET <sub>0</sub> (mm) | Βροχή B (mm) | Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm) | Φυτικός Συντελεστής K <sub>c</sub> | Εξατμ/πνοή καλλιέργειας ET <sub>c</sub> =ET <sub>0</sub> *K <sub>c</sub> (mm) | Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ET <sub>c</sub> -Pe)/EFF (mm) | Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ET <sub>c</sub> -Pe)/EFF)*0,5 (mm) | Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se | Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h) | Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h) | Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h) | Διάρκεια άρδευσης (E100) (h) | Διάρκεια άρδευσης (E50) (h) |
|------------|----------------------------------|--|--------------|-----------------------------|------------------------------------|---|--|---|----------------------------|--|---|---|------------------------------|-----------------------------|
| 20/4/2017  | 758                              | 4,93                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,68  | 4,68   | 2,34  | 1                          | 16   | 0,29  | 0,15                                      |                              |                             |
| 21/4/2017  | 759                              | 3,98                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,78  | 3,78   | 1,89  | 1                          | 16   | 0,24  | 0,12                                      |                              |                             |
| 22/4/2017  | 760                              | 4,29                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,08  | 4,08   | 2,04  | 1                          | 16   | 0,25  | 0,13                                      |                              |                             |
| 23/4/2017  | 761                              | 3,76                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,57  | 3,57   | 1,79  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      |                              |                             |
| 24/4/2017  | 762                              | 4,17                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,96  | 3,96   | 1,98  | 1                          | 16   | 0,25  | 0,12                                      | 4,21                         | 2,10                        |
| 25/4/2017  | 763                              | 3,62                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,44  | 3,44   | 1,72  | 1                          | 16   | 0,21  | 0,11                                      |                              |                             |
| 26/4/2017  | 764                              | 3,77                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,58  | 3,58   | 1,79  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      |                              |                             |
| 27/4/2017  | 765                              | 4,02                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,82  | 3,82   | 1,91  | 1                          | 16   | 0,24  | 0,12                                      |                              |                             |
| 28/4/2017  | 766                              | 4,39                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,17  | 4,17   | 2,09  | 1                          | 16   | 0,26  | 0,13                                      |                              |                             |
| 29/4/2017  | 767                              | 3,66                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,48  | 3,48   | 1,74  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      |                              |                             |
| 30/4/2017  | 768                              | 3,81                                     | 0,20         | 0,16                        | 0,95                               | 3,62  | 3,46   | 1,73  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      |                              |                             |
| 1/5/2017   | 769                              | 3,71                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,52  | 3,52   | 1,76  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      | 1,62                         | 0,81                        |
| 2/5/2017   | 770                              | 4,29                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,08  | 4,08   | 2,04  | 1                          | 16   | 0,25  | 0,13                                      |                              |                             |
| 3/5/2017   | 771                              | 4,40                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,18  | 4,18   | 2,09  | 1                          | 16   | 0,26  | 0,13                                      |                              |                             |
| 4/5/2017   | 772                              | 4,47                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,25  | 4,25   | 2,12  | 1                          | 16   | 0,27  | 0,13                                      |                              |                             |
| 5/5/2017   | 773                              | 5,46                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 5,19  | 5,19   | 2,59  | 1                          | 16   | 0,32  | 0,16                                      |                              |                             |
| 6/5/2017   | 774                              | 5,46                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 5,19  | 5,19   | 2,59  | 1                          | 16   | 0,32  | 0,16                                      |                              |                             |
| 7/5/2017   | 775                              | 5,49                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 5,22  | 5,22   | 2,61  | 1                          | 16   | 0,33  | 0,16                                      |                              |                             |
| 8/5/2017   | 776                              | 5,53                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 5,25  | 5,25   | 2,63  | 1                          | 16   | 0,33  | 0,16                                      | 1,98                         | 0,99                        |
| 9/5/2017   | 777                              | 3,89                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,70  | 3,70   | 1,85  | 1                          | 16   | 0,23  | 0,12                                      |                              |                             |
| 10/5/2017  | 778                              | 3,25                                     | 0,20         | 0,16                        | 0,95                               | 3,09  | 2,93   | 1,46  | 1                          | 16   | 0,18  | 0,09                                      |                              |                             |
| 11/5/2017  | 779                              | 3,13                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 2,97  | 2,97   | 1,49  | 1                          | 16   | 0,19  | 0,09                                      |                              |                             |
| 12/5/2017  | 780                              | 3,70                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,52  | 3,52   | 1,76  | 1                          | 16   | 0,22  | 0,11                                      |                              |                             |
| 13/5/2017  | 781                              | 5,14                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,88  | 4,88   | 2,44  | 1                          | 16   | 0,31  | 0,15                                      |                              |                             |
| 14/5/2017  | 782                              | 6,04                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 5,74  | 5,74   | 2,87  | 1                          | 16   | 0,36  | 0,18                                      |                              |                             |
| 15/5/2017  | 783                              | 4,68                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 4,45  | 4,45   | 2,22  | 1                          | 16   | 0,28  | 0,14                                      | 1,81                         | 0,91                        |
| 16/5/2017  | 784                              | 1,11                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 1,05  | 1,05   | 0,53  | 1                          | 16   | 0,07  | 0,03                                      |                              |                             |
| 17/5/2017  | 785                              | 1,77                                     | 0,20         | 0,16                        | 0,95                               | 1,68  | 1,52   | 0,76  | 1                          | 16   | 0,10  | 0,05                                      |                              |                             |
| 18/5/2017  | 786                              | 0,94                                     | 2,40         | 1,92                        | 0,95                               | 0,89  | -1,03  | -0,51   | 1                          | 16   | -0,06                                       | -0,03                                     |                              |                             |
| 19/5/2017  | 787                              | 4,06                                     | 0,00         | 0                           | 0,95                               | 3,86  | 3,86   | 1,93  | 1                          | 16   | 0,24  | 0,12                                      |                              |                             |

### 5.15. Αποδοτικότητα χρήσης νερού

Το πόσο αποδοτική είναι μια άρδευση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως από την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια, την ποσότητα του αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια και την ομοιομορφία της άρδευσης. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν το κόστος της άρδευσης, το σχεδιασμό της και την παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού ή αλλιώς WUE (water use efficiency) αποτελεί την πιο διαδεδομένη παράμετρο βάσει της οποίας μπορεί να αποδοθεί η αποτελεσματικότητα της άρδευσης συναρτήσει της παραγωγής της καλλιέργειας.

Ο Viets (1962) όρισε την αποδοτικότητα χρήσης νερού σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$WUE = \frac{Y_g}{ET} \quad [5.6]$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (kg/m<sup>3</sup>),

Y<sub>g</sub> είναι η οικονομική παραγωγή (kg/στρ.) και

ET είναι το συνολικό νερό που χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια (m<sup>3</sup>/στρ.).

Η αποδοτικότητα χρήσης νερού εκφράζεται κυρίως από την οικονομική παραγωγή αλλά έχει επικρατήσει να εκφράζεται ως η παραγωγή σε ξηρή βιομάζα (Bos, 1979; Howell, 2001). Ο Monteith (1993) όρισε την WUE ως:

$$WUE = \frac{Y_g}{W_{total}} \quad [5.7]$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (kg/m<sup>3</sup>),

Y<sub>g</sub> είναι η παραγωγή ξηρής βιομάζας (kg/στρ.) και

W<sub>total</sub> είναι η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια (άρδευση, βροχόπτωση και συμβολή εδαφικής υγρασίας) (m<sup>3</sup>/στρ.).

Οι δύο παραπάνω ορισμοί της WUE δεν περιγράφουν πλήρως την επίδραση της άρδευσης στην παραγωγή. Η WUE επηρεάζεται από την ποσότητα νερού που χρησιμοποίησε η καλλιέργεια (ET). Ο Bos (1979) εισήγαγε μια άλλη έκφραση για τον υπολογισμό της WUE, η οποία είναι:

$$WUE = \frac{(Y_{gi} - Y_{gd})}{(ET_i - ET_d)} \quad [5.8]$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),

$Y_{gi}$  είναι η οικονομική παραγωγή ( $\text{kg}/\text{στρ.}$ ) για επίπεδο άρδευσης  $i$ ,

$Y_{gd}$  είναι η παραγωγή ( $\text{kg}/\text{στρ.}$ ) για επίπεδο μηδενικής άρδευσης,

$ET_i$  είναι η εξατμισοδιαπνοή ( $\text{m}^3/\text{στρ.}$ ) για επίπεδο άρδευσης  $i$  και

$ET_d$  είναι η εξατμισοδιαπνοή ( $\text{m}^3/\text{στρ.}$ ) για επίπεδο μηδενικής άρδευσης.

Συχνά σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, η τιμή του  $Y_{gd}$  είναι ίση με 0. Σε τέτοιες περιπτώσεις εφαρμόζεται η WUE της άρδευσης (IWUE). Η IWUE ορίζεται ως:

$$IWUE = \frac{(Y_{gi} - Y_{gd})}{IRR_i} \quad [5.9]$$

όπου:

IWUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού άρδευσης ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) και

$IRR_i$  είναι η ποσότητα νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε ( $\text{m}^3/\text{στρ.}$ ) για επίπεδο άρδευσης  $i$ .

Στην εξίσωση 5.9 η τιμή της  $Y_{gd}$  είναι 0 για άνυδρες περιοχές.

### 5.16. Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v. 23 για χρήση σε περιβάλλον Windows. Για τις συγκρίσεις χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο LSD και Duncan. Το επίπεδο σημαντικότητας σε όλες τις αναλύσεις επιλέχθηκε ίσο με 5% ( $\alpha=0,05$ ). Για τη συλλογή, την ομαδοποίηση και την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα υπολογιστικά φύλλα Excel του Microsoft Office v. 2013. Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

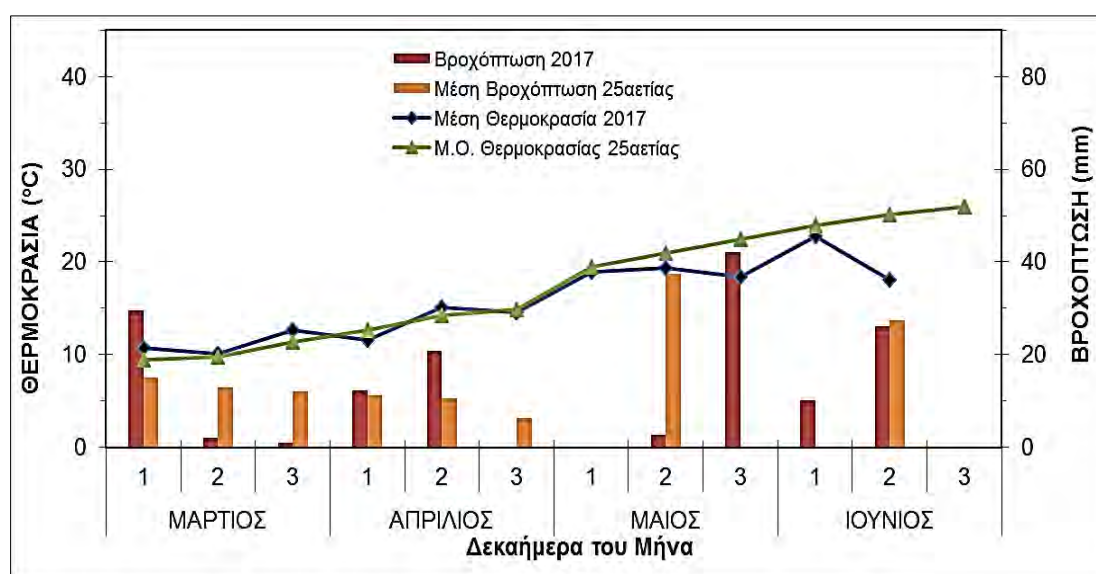
### Αποτελέσματα και Συζήτηση

#### 6.1 Γενικά

Στον παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, τα οποία προέκυψαν έπειτα από την επεξεργασία και τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας και αφορούν το κλίμα της περιοχής, την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, τις ποσότητες νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια, το ύψος των φυτών, την παραγωγή των φυτών σε χλωρό και ξηρό βάρος, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, την εξοικονόμηση νερού καθώς και την αποδοτικότητα χρήσης νερού της καλλιέργειας βάσει της παραγωγής σε ξηρό βάρος.

#### 6.2. Κλιματολογικά δεδομένα

Παρακάτω, παρουσιάζεται το ομβροθερμικό διάγραμμα κατά Bagnouls-Gaussen (Bagnouls and Gaussen, 1953), της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2017 (Μάρτιος-Ιούνιος), βάσει των κλιματικών δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Απεικονίζεται επίσης, ως μέτρο σύγκρισης, ο μέσος όρος των τιμών της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης ανά δεκαήμερο για τα τελευταία 25 έτη.



Διάγραμμα 6.1. Ομβροθερμικό διάγραμμα της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2017.

Παρατηρούμε στο Διάγραμμα 6.1. ότι η βροχόπτωση το 2017 ήταν υψηλότερη σε σχέση με τις μέσες τιμές βροχόπτωσης της τελευταίας 25ετίας για κάθε μήνα. Ωστόσο, παρατηρούμε πως διαφοροποιείται η συχνότητά της από δεκαήμερο σε δεκαήμερο για κάθε μήνα, χωρίς αυτό να επηρεάζει σε κάτι την αρδευόμενη καλλιέργεια του τσαγιού.

Ειδικότερα, παρατηρούμε πως οι τιμές της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των μηνών Μαρτίου, Απριλίου, Μαΐου και Ιουνίου το 2017 ήταν στα 32,6mm, 33,2mm, 45mm και 36,4mm αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, κατά το δεύτερο και τρίτο δεκαήμερο του Μαρτίου, το τρίτο δεκαήμερο του Απριλίου, το πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου και το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου του 2017, η συνολική βροχόπτωση ήταν αμελητέα. Το πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου, η βροχόπτωση καταγράφηκε ίση με 29,6mm, το δεύτερο δεκαήμερο του Απριλίου ίση με 20,8mm, το τρίτο δεκαήμερο του Μαΐου ίση με 42,2mm και το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου ίση με 26,2mm το 2017. Η συνολική βροχόπτωση που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το 2017 ήταν ίση με 147,2mm δηλαδή 14mm περισσότερα από τη μέση συνολική βροχόπτωση των τελευταίων 25 ετών, η οποία ήταν ίση με 133,2mm. Τον Μάιο και τον Ιούνιο του 2017 η συνολική βροχόπτωση που καταγράφηκε ήταν κατά 20% και 24,7% αντίστοιχα περισσότερη από τη συνολική βροχόπτωση των τελευταίων 25 ετών για αυτούς τους μήνες.

Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία, αυτή κινήθηκε “αναλογικά” σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της 25ετίας. Μπορεί να εξαιρεθεί το 3<sup>ο</sup> 10ήμερο του Μαΐου και το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου όπου παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας.

Πιο συγκεκριμένα, η μέση τιμή της θερμοκρασίας που για την καλλιεργητική περίοδο του 2017 ήταν 15,66°C δεν διέφερε κατά πολύ από τη μέση τιμή της θερμοκρασίας των τελευταίων 25 ετών, η οποία ήταν ίση με 16,75°C.

Γενικότερα, οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες μέχρι τη συγκομιδή (19/05/2017) κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια. Οι αυξημένες βροχοπτώσεις, καθώς και οι χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν το τρίτο δεκαήμερο του Μαΐου και στη συνέχεια σχεδόν όλο τον Ιούνιο, δεν επηρέασαν την ανάπτυξη, απόδοση και ποιότητα της καλλιέργειας του τσαγιού μιας και σημειώθηκαν αμέσως μετά την συγκομιδή.

Από την στατιστική ανάλυση δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% μεταξύ των τιμών της βροχόπτωσης και των θερμοκρασιών της καλλιεργητικής περιόδου του 2017 με αυτές των τελευταίων 25 ετών. Στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% δεν υπάρχουν επίσης ούτε μεταξύ των μηνών της

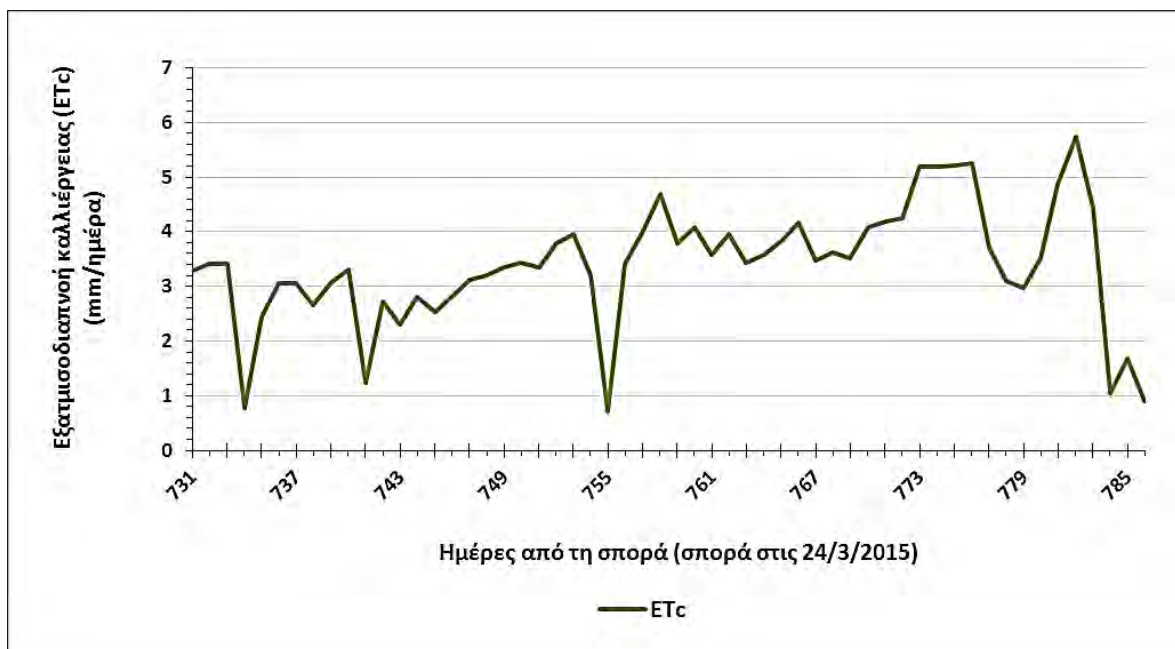
καλλιεργητικής περιόδου του 2017 και της τελευταίας 25ετίας για τις τιμές της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας.

### 6.3. Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας

Στο Διάγραμμα 6.2 παρουσιάζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2017 όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO-56.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας φυσιολογικά αυξάνεται και στη συνέχεια μειώνεται. Η υψηλότερη τιμή της παρατηρήθηκε κατά την 782η ημέρα δηλαδή στις 14/5/2017 και είχε την τιμή 5,74mm. Η συνολική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας υπολογίστηκε ίση με 189,43mm.

Οι απότομες πτώσεις των τιμών της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας οφείλονται στις βροχοπτώσεις.



Διάγραμμα 6.2. Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2017.



#### 6.4. Εφαρμοζόμενη ποσότητα και εξοικονόμηση αρδευτικού νερού

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι ποσότητες του αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση καθώς και η συνολική ποσότητα του νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια, η οποία εκφράζεται ως άθροισμα της ποσότητας του νερού άρδευσης και της ωφέλιμης βροχόπτωσης.

**Πίνακας 6.1.** Ποσότητες νερού (mm) των μεταχειρίσεων.

|   | Μεταχειρίσεις |        |
|---|---------------|--------|
|   | E100          | E50    |
| Εφαρμοσθείσα ποσότητα νερού άρδευσης (mm) | 159,83        | 79,92  |
| Ωφέλιμη βροχή                             | 29,60         | 29,60  |
| Σύνολο (mm)                               | 189,43        | 108,61 |

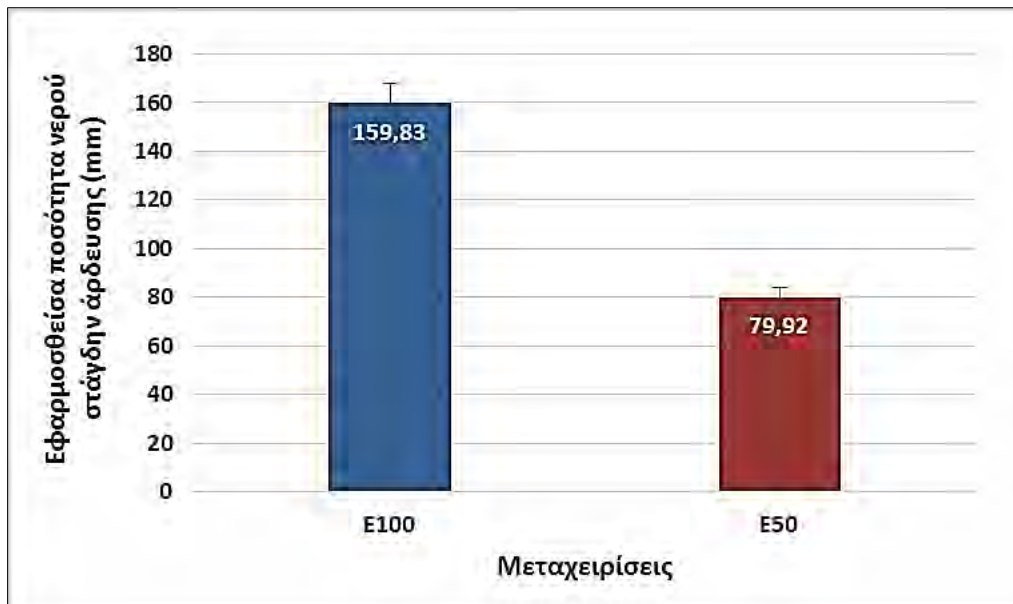
Η συνολική ποσότητα νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια ισούται με το άθροισμα της ποσότητας του νερού που εφαρμόστηκε μέσω της άρδευσης (159,83mm για την E100 και 79,92mm για την E50) και της ποσότητας νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια μέσω της ωφέλιμης ή ενεργούς βροχόπτωσης (29,60mm).

Στο Διάγραμμα 6.3 παρουσιάζονται οι συνολικές ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν στην στάγδην άρδευση και στις δύο μεταχειρίσεις όπως αυτές προέκυψαν από τις καταγραφές των υδρομέτρων. Στις ποσότητες αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται η ωφέλιμη ή ενεργός βροχόπτωση. Στην μεταχείριση E100 εφαρμόστηκαν συνολικά 159mm νερού μέσω της άρδευσης, ενώ στη μεταχείριση E50 80mm νερού.

Οι γραμμές σφάλματος που απεικονίζονται εκφράζουν 5% πιθανά θετικά και αρνητικά ποσά σφάλματος στα αποτελέσματα του πειράματος.

Από τη στατιστική ανάλυση οι μεταχειρίσεις διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Η εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται είναι στο 50%.



Διάγραμμα 6.3. Εφαρμοσθείσες ποσότητες νερού στάγδην άρδευσης (mm).

## 6.5. Αποτελέσματα ανάλυσης ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας

### 6.5.1. Ύψος Φυτών

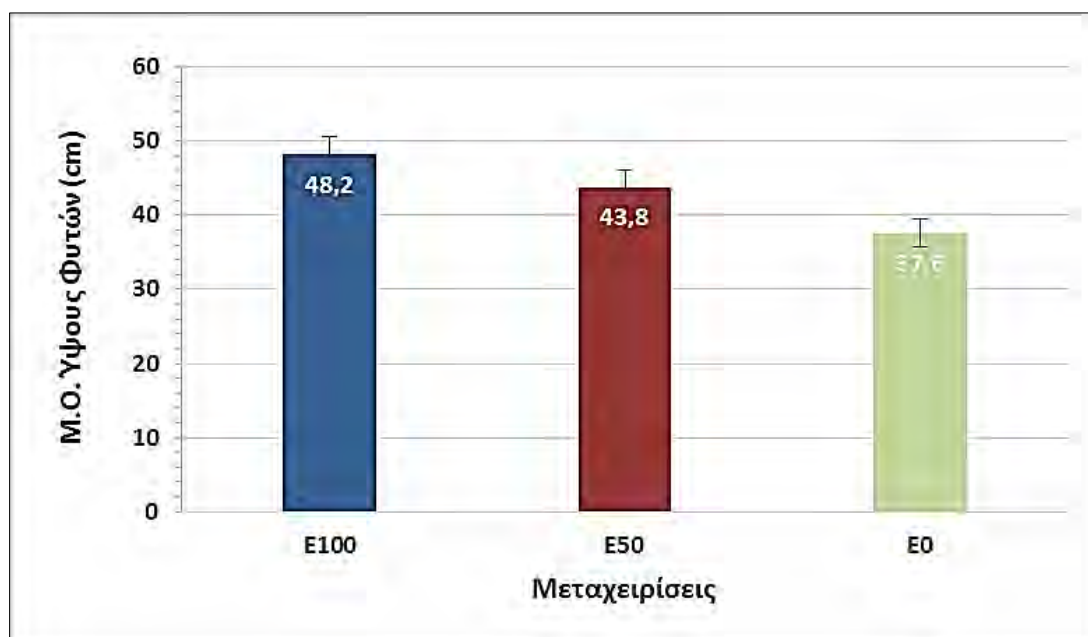
Οι μετρήσεις του ύψους των φυτών των τριών μεταχειρίσεων πραγματοποιήθηκαν στις 19/05/2017 που έγινε και η συγκομιδή της καλλιέργειας και τα φυτά είχαν το μέγιστο ύψος τους.

Στο Διάγραμμα 6.4 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι του ύψους των φυτών στις διάφορες μεταχειρίσεις. Όπως φαίνεται κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2017 η μεταχείριση E100 παρουσίασε μια τάση υπεροχής έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων. Ειδικότερα, ο μέσος όρος του ύψους των φυτών της καλλιέργειας στην μεταχείριση E100 έφτασε τα 48,2cm και ακολούθησε η μεταχείριση E50 με μέσο όρο ύψους φυτών 43,8cm και τελευταία η μεταχείριση E0 με μέσο όρο ύψους φυτών στα 37,6cm.

Οι γραμμές σφάλματος που απεικονίζονται εκφράζουν 5% πιθανά θετικά και αρνητικά ποσά σφάλματος στα αποτελέσματα του πειράματος.

Από την στατιστική ανάλυση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% μεταξύ των μεταχειρίσεων E100-E50. Οι μεταχειρίσεις όμως E100-E0 και E50-E0 παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επίσης, οι μετρήσεις μεταξύ των

επαναλήψεων που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι στην μεταχείριση E0 οι επαναλήψεις του PLOT1-PLOT3.



Διάγραμμα 6.4. Μέσοι όροι ύψους φυτών για κάθε μεταχείριση.

### 6.5.2. Χλωρό και Ξηρό Βάρος Φυτών

Οι μετρήσεις για το χλωρό βάρος έγιναν την μέρα που έγινε η κοπή και η μέτρηση του ύψους. Οι μετρήσεις για το ξηρό βάρος έγιναν 10 μέρες μετά από την κοπή. Όπως φαίνεται πιο κάτω (Διαγράμματα 6.5 και 6.6), τα αποτελέσματα ως προς την απόδοση είναι αρκετά υψηλά (μεγάλη παραγωγή) σε σχέση με την μέγιστη απόδοση που επιτυγχάνεται από ένα στρέμμα συγκριτικά με τις αποδόσεις των φυτών με την κοινή καλλιεργητική πρακτική σε μεγάλο υψόμετρο χωρίς άρδευση.

Στο Διάγραμμα 6.5 παρατηρούμε το μέσο όρο του συνολικού χλωρού βάρους από κάθε μεταχείριση (σε kg/στρέμμα). Η μεταχείριση E100 έχει μέσο όρο χλωρού βάρους 1383,3kg/στρ., η E50 1006,7kg/στρ. και η E0 663,3kg/στρ..

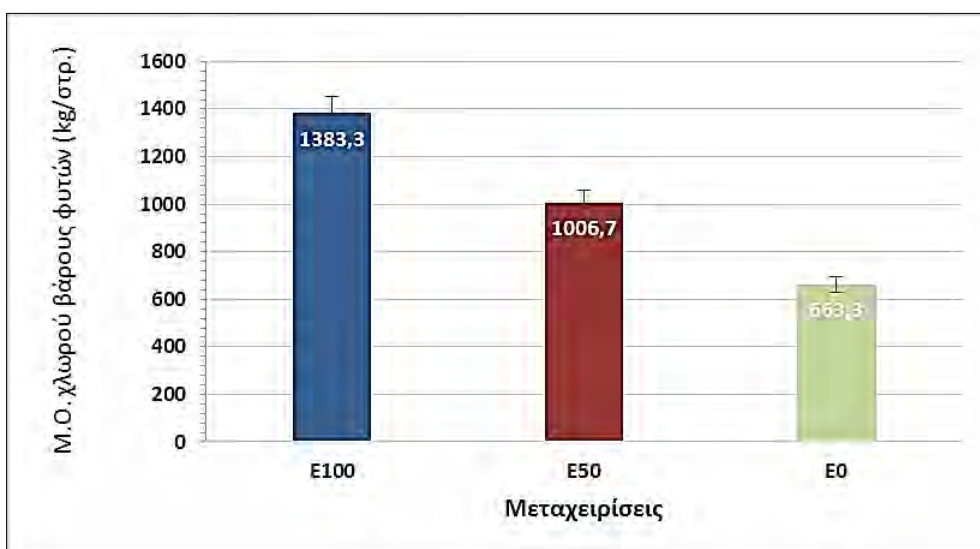
Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι οι μέσοι όροι του χλωρού βάρους των τριών μεταχειρίσεων διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Στο Διάγραμμα 6.6 παρατηρούμε το μέσο όρο του συνολικού ξηρού βάρους από κάθε μεταχείριση (σε kg/στρέμμα). Η μεταχείριση E100 έχει μέσο όρο ξηρού βάρους 500kg/στρ., η E50 400kg/στρ. και η E0 228,3kg/στρ..

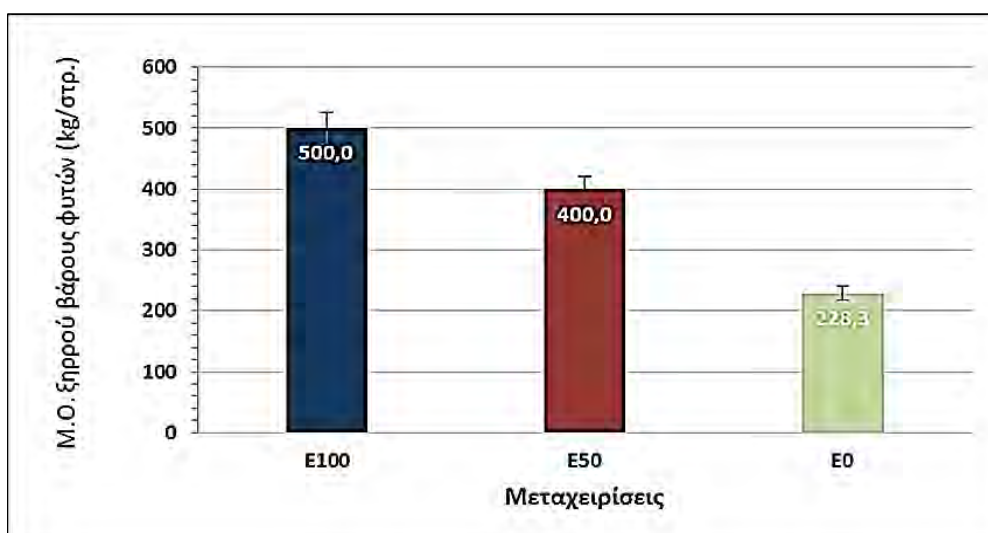
Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι οι μέσοι όροι του ξηρού βάρους των τριών μεταχειρίσεων διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Οι γραμμές σφάλματος που απεικονίζονται στα δύο διαγράμματα εκφράζουν 5% πιθανά θετικά και αρνητικά ποσά σφάλματος στα αποτελέσματα του πειράματος.

Επομένως, η εφαρμογή άρδευσης αυξάνει το χλωρό και ξηρό βάρος της καλλιέργειας αλλά η εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης στο 50% των αναγκών της καλλιέργειας επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την απόδοση της καλλιέργειας.



**Διάγραμμα 6.5.** Μέσοι όροι χλωρού βάρους φυτών της καλλιέργειας σε kg/στρ. ανά μεταχείριση.



**Διάγραμμα 6.6.** Μέσοι όροι ξηρού βάρους φυτών της καλλιέργειας σε kg/στρ. ανά μεταχείριση.

### 6.5.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας

Στον Πίνακα 6.2 και στα Διαγράμματα 6.7 και 6.8 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ολικών φαινολών (TP) και της αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP) των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

Οι ολικές φαινόλες της μεταχείρισης E100 είναι 24,57mg (GAE)/3gDW, της E50 38,03mg (GAE)/3gDW και της E0 29,09mg (GAE)/3gDW. Ενώ η αντιοξειδωτική ικανότητα της μεταχείρισης E100 είναι 109,53μmol FRAP/3gDW, της E50 232,27μmol FRAP/3gDW και της E0 157,9μmol FRAP/3gDW.

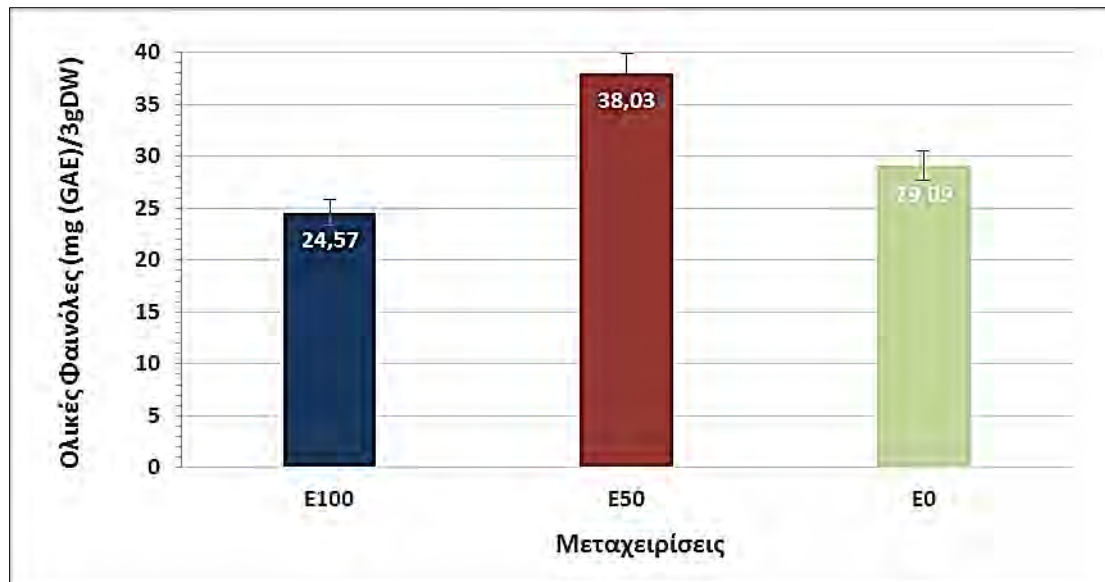
Παρατηρούμε ότι τόσο οι τιμές των ολικών φαινολών όσο και οι τιμές της αντιοξειδωτικής ικανότητας της μεταχείρισης όπου εφαρμόστηκε ελλειμματική άρδευση στο 50% των αναγκών της καλλιέργειας (E50) υπερέχουν έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων.

Οι γραμμές σφάλματος που απεικονίζονται στα δύο διαγράμματα εκφράζουν 5% πιθανά θετικά και αρνητικά ποσά σφάλματος στα αποτελέσματα του πειράματος.

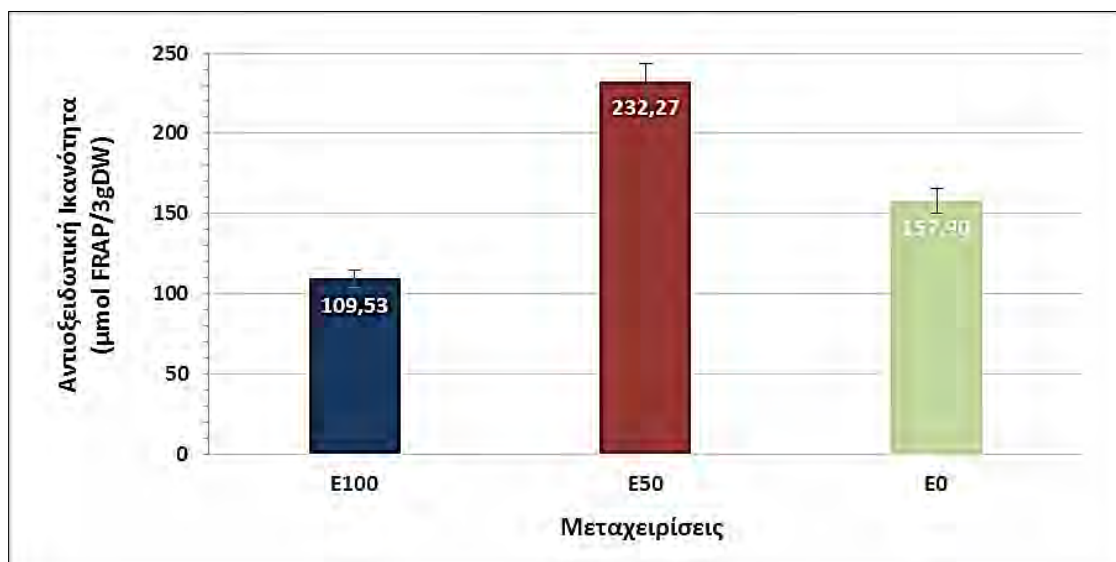
Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι οι μέσοι όροι των ολικών φαινολών των μεταχειρίσεων E100-E50 και E50-E0 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ενώ οι μέσοι όροι των ολικών φαινολών των μεταχειρίσεων E100-E0 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Οι μέσοι όροι της αντιοξειδωτικής ικανότητας των τριών μεταχειρίσεων διαφέρουν όλοι στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

**Πίνακας 6.2.** Μέσοι όροι ολικών φαινολών (TP) και αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP) των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

| Μεταχειρίσεις | Ολικές Φαινόλες<br>(mg (GAE)/3gDW) | Αντιοξειδωτική Ικανότητα<br>(μmol FRAP/3gDW) |
|---------------|------------------------------------|--|
| E100          | 24,57                              | 109,53                                       |
| E50           | 38,03                              | 232,27                                       |
| E0            | 29,09                              | 157,90                                       |

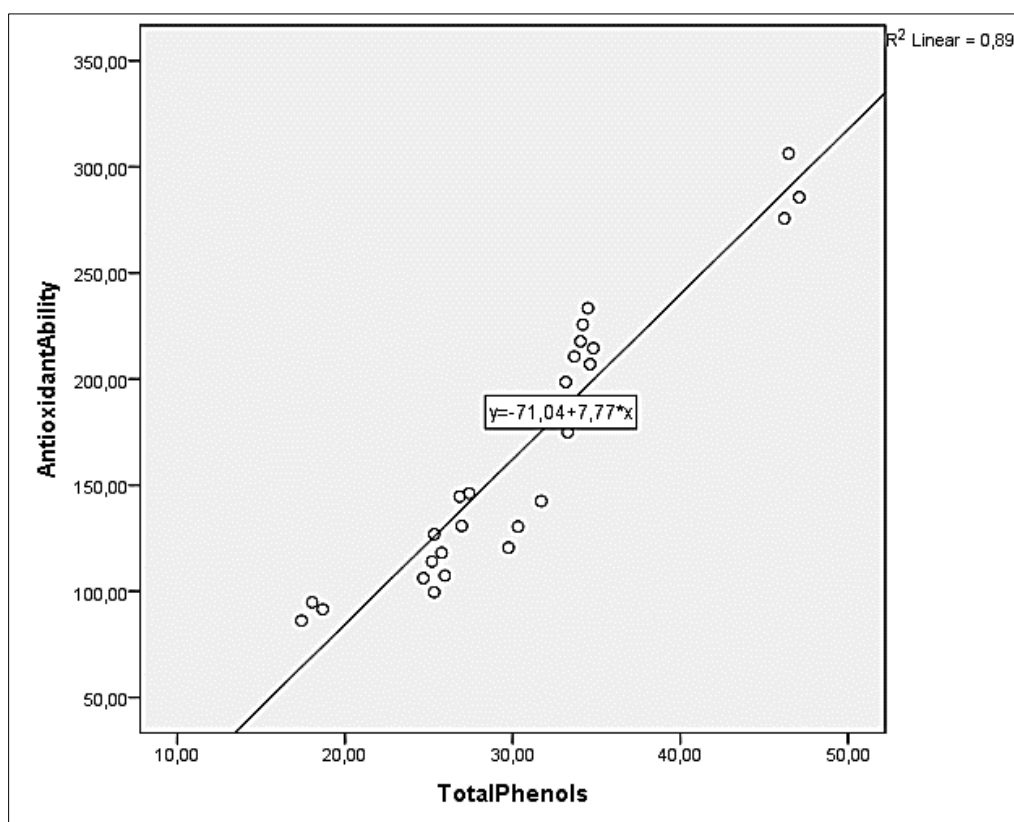


**Διάγραμμα 6.7.** Μέσοι όροι ολικών φαινολών (TP) των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.



**Διάγραμμα 6.8.** Μέσοι όροι ολικών αντιοξειδωτικής ικανότητας (FRAP) των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

Με σκοπό να εκτιμηθεί η συσχέτιση μεταξύ του φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής ικανότητας υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης ( $r$ ). Όπως φαίνεται και από το Διάγραμμα 6.9, υπάρχει συσχέτιση ( $R^2=0,891$ ) μεταξύ των δύο μεταβλητών σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, κάτι που συμφωνεί με βιβλιογραφικές αναφορές (Magalhães et al., 2008; Petreska et al., 2011; Skotti et al., 2014).



**Διάγραμμα 6.9.** Συσχέτιση αντιοξειδωτικής ικανότητας και φαινολικού περιεχομένου.

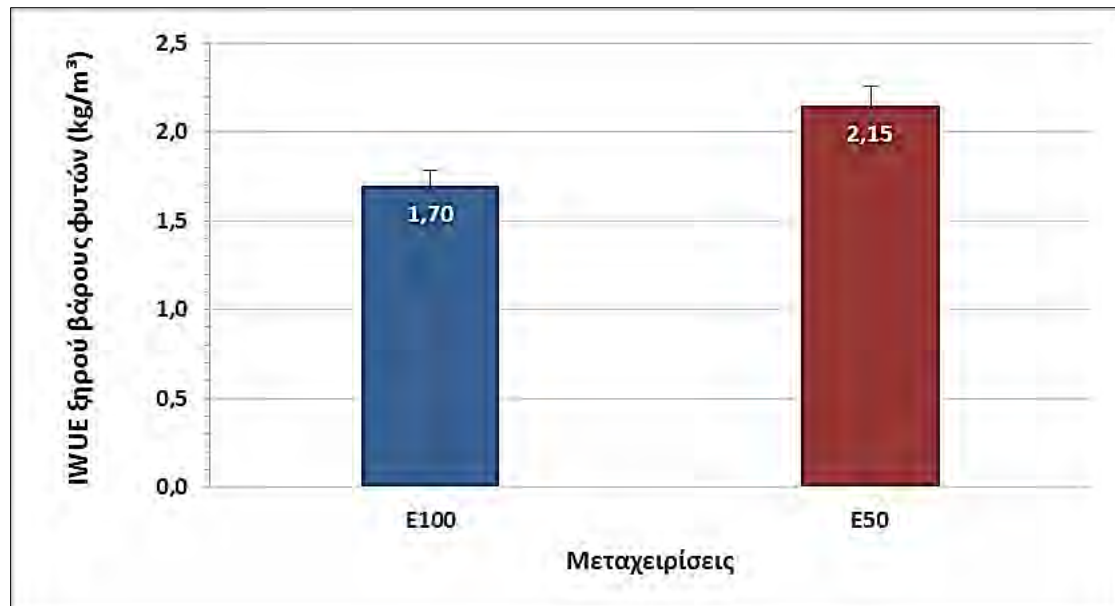
## 6.6. Αποδοτικότητα χρήσης νερού

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την αποδοτικότητα χρήσης νερού της καλλιέργειας στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις βάσει της παραγωγής σε ξηρό βάρος.

Οι γραμμές σφάλματος που απεικονίζονται εκφράζουν 5% πιθανά θετικά και αρνητικά ποσά σφάλματος στα αποτελέσματα του πειράματος.

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του Bos (Παράγραφος 5.15) με αριθμητή την παραγωγή ξηρού βάρους για επίπεδο άρδευσης  $i$  και παρονομαστή την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε για επίπεδο άρδευσης  $i$ .

Από την μελέτη της αποδοτικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE) προκύπτει ότι η μεταχείριση E50 εφαρμόζει αποδοτικότερα το νερό της άρδευσης (Διάγραμμα 6.10).



**Διάγραμμα 6.10.** Μέσοι όροι της αποδοτικότητας χρήσης νερού της καλλιέργειας βάσει της παραγωγής σε ξηρό βάρος ( $\text{kg/m}^3$ ) στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Συμπεράσματα

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στα αναπτυξιακά, παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του φυτού «Τσάι του Βουνού» σε χαμηλό υψόμετρο αρδευόμενο με σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Από τη μελέτη και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για τις μεταχειρίσεις E0, E50 και E100 στην πειραματική διερεύνηση της καλλιέργειας του φυτού «Τσάι του Βουνού», εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

Το Τσάι του Βουνού, όπως υποδηλώνει και η ονομασία του, είθισται να καλλιεργείται σε συνθήκες μεγάλων υψομέτρων. Η συγκεκριμένη έρευνα αποδεικνύει ξεκάθαρα πως το φυτό «Τσάι του Βουνού» μπορεί να καλλιεργηθεί και σε χαμηλά υψόμετρα (κάμπους) με την προϋπόθεση της άρδευσης.

Η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι η πλέον επικρατέστερη μεταξύ των σύγχρονων και των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης για τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Αυτό οφείλεται στην άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού απευθείας στην επιφάνεια του φυτού και ακολούθως στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος με την ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ικανό χρονικό διάστημα.

Οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες μέχρι την συγκομιδή κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια. Οι ασταθείς και η μη φυσιολογικές για την εποχή κλιματολογικές συνθήκες που ακολούθησαν, με έντονες βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες, στα τέλη Μαΐου και αρχές Ιουνίου, δεν επηρέασαν αρνητικά την καλλιέργεια όπως συνέβη στις γύρω ορεινές περιοχές στην αντίστοιχη καλλιέργεια διότι σε συνθήκες χαμηλού υψομέτρου, πρωίμισε η παραγωγή του και η καλλιέργεια συγκομίστηκε νωρίτερα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος τόσο για το ύψος όσο και για το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών υπάρχει υπεροχή της πλήρους αρδευόμενης μεταχείρισης (E100).

Για τις μετρήσεις του ύψους των φυτών από τη στατιστική ανάλυση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων E100-E50 και E50-E0 σε επίπεδο

εμπιστοσύνης 95%. Οι μεταχειρίσεις όμως E100-E0 παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Οι μετρήσεις όμως του χλωρού και ξηρού βάρους των φυτών και στις τρεις μεταχειρίσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Επομένως, η εφαρμογή άρδευσης αυξάνει τα ποσοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, αλλά η εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης στο 50% των αναγκών της καλλιέργειας επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την χλωρή και ξηρή απόδοση της καλλιέργειας.

Από τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας, παρατηρείται ότι η μεταχείριση E50 υπερέχει έναντι των υπόλοιπων μεταχειρίσεων.

Από τη μελέτη της αποδοτικότητας χρήσης αρδευτικού νερού, προκύπτει ότι το νερό χρησιμοποιήθηκε αποδοτικότερα από την καλλιέργεια με την εφαρμογή της επιφανειακής ελλειμματικής άρδευσης.

Ένα γενικό συμπέρασμα είναι πως η εφαρμογή επιφανειακής ελλειμματικής άρδευσης επιφέρει εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, καλύτερη ποιότητα παραγωγής και καλές αποδόσεις, όπως προκύπτει και από τις προηγούμενες καλλιεργητικές περιόδους (Γιουβάνης και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2017; Giouvanis et al., 2017; Giouvanis et al., 2018).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι ενθαρρυντικά για το μέλλον της καλλιέργειας *Sideritis raeseri* (Τσάι του Βουνού) σε υψόμετρα χαμηλότερα από αυτά που το φυτό είναι προσαρμοσμένο να αναπτύσσεται.

Η καλλιέργεια μπορεί να αποδώσει ακόμη και σε ξηρικές συνθήκες, αν και με την εφαρμογή άρδευσης έδωσε πολύ καλύτερα αποτελέσματα.

Δεν έχει πολλές απαιτήσεις σε καλλιεργητικές φροντίδες και φυτοπροστασία, όπως άλλες καλλιέργειες και το κυριότερο πρόβλημα που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η έρευνα να συνεχιστεί, όσον αφορά τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού, σε συνδυασμό με εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων ή μεθόδων άρδευσης.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aligiannis, N., Kalpoutzakis, E., Chinou, I.B., Mitakou, S., Gikas, E. and Tsarbopoulos, A. 2001. Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Five Taxa of *Sideritis* from Greece. *J. Agric. Food Chem.*, 49:811-815.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO Irrigation and Drainage, 56:1-194.
- Bagnouls, F. and Gaussen, H. 1953. Saison seche et indice xerothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, 88:193-240.
- Barber J., Ortega J.F., Guerra A.S., Turner K.G. and Jansene R.K. 2002. Origin of Macaronesian *Sideritis* L. (Lamioideae: Lamiaceae) inferred from nuclear and chloroplast sequence datasets, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23:293–306.
- Bos, M.G. 1979. Standards for Irrigation Efficiencies of ICID. *J. Irrig. Drain. Div.*, 105:37-43.
- Bos, M.G. and Nugteren, J. 1990. On irrigation efficiencies. 4th edition [1st edition 1974]. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement. ILRI Publication 19.
- Camp, R.C. and Lamm, L.F. 2008. Irrigation Systems: Subsurface Drip. In Trimble, W.S., “Encyclopedia of Water Science” 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press Taylor & Francis Group, pp. 633-637.
- Charami, M.T., Lazari, D., Karioti, A., Skaltsa, H., Hadjipavlou-Litina, D. and Souleles, C. 2008. Antioxidant and Antiinflammatory Activities of *Sideritis perfoliata* subsp. *Perfoliata* (Lamiaceae). *Phytother. Res.*, 22:450-454.
- Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. Berkeley, CA: University of California.
- Cicogna, A., Dietrich, S., Gani, M., Giovanardi, R., Sandra, M. 2005. Use of meteorological radar to estimate leaf wetness as data input for application of territorial epidemiological model (downy mildew - *Plasmopara viticola*): agrometeorology 2003. *Phys. Chem. Earth*, 30:201-207.
- Clark, E.H. 2007. Water prices rising worldwide. Earth Policy Institute.

- Cui, N., Du, T., Kang, S., Li, F., Zhang, J., Wang, M., Li, Z. 2008. Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees. *Agr. Water Manage.* 95:698-706.
- Decroix, M. and Malaval, A. 1985. Laboratory evaluation of trickle irrigation equipment for field system design. *Proceedings of the third International Drip/Trickle Irrigation Congress*, Volume I, California, USA. pp. 325-338.
- Demo, A., Petrakis, C., Kefalas, P. and Boskou, D. 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. *Food Research International*, 31(5):351-354.
- Dimopoulos P., Raus Th., Bergmeier E., Constantinidis Th., Iatrou G., Kokkini S., Strid A. and Tzanoudakis D. 2013. *Vascular plants of Greece: An annotated checklist*. Berlin: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. Athens: Hellenic Botanical society, 15.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Papers* 33. FAO, Rome, Italy.
- English, M. 1990. Deficit irrigation. I. Analytical framework. *J. Irrig. Drain E. ASCE*, 116:399-412.
- FAO, 1998. *Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage*, Paper No 24, Rome.
- FAO, 2002. *Deficit Irrigation Practices. Water Reports* No. 22, Rome.
- Fereres, E. and Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on “Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress” *J. Exp. Bot.*, 58:147-159.
- Floca, Chr. and Iconomou, N. 1981. Etude chimique de *Sideritis scardica* Labiatae. *Int. symp. on Aromatic plants*, Abstr. p. 101.
- Fokialakis, N., Kalpoutzakis, E., Tekwani, B.L., Khan, S.I., Kobaisy, M., Skaltsounis, A.L., Duke, O. 2007. Evaluation of the antimalarial and antileishmanial activity of plants from the Greek island of Crete. *J. Nat. Med.*, 61:38-45.
- Gabrieli, C. and E. Kokkalou. 1990. A glucosylated acyflavone from *Sideritis raeseri*. *Phytochemistry*, 29(2):681-683.
- Garabet, S., Wood, M., Ryan, J. 1998. Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. I. Growth, water-use and nitrogen accumulation. *Field Crop Res.*, 57:309-318.

- Geerts, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agr. Water Management*, 96:1275-1284.
- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C. 2008. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Eur. J. Agron.*, 28:427-436.
- Giouvanis, V.A., Papanikolaou, C.D., Dimakas, D.S., Sakellariou-Makrantonaki, M.A. 2018. Deficit Drip Irrigation in Organic Cultivation of Aromatic Plant. 20th International Conference on Agricultural Water Conservation and Irrigation Practices, Berlin Germany May 21-22, 20 (5) Part XIX.
- Giouvanis, V., Sklavounos, K., Avlogiaris, I., Papanikolaou, C.D., Wogiatzi, E. and Sakellariou-Makrantonaki, M. 2017. Full and deficit irrigation of “Mountain Tea” plant, at low altitude (first growing season). 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September (CEST2017\_00097).
- Gonzalez-Burgos, E. Carretero, M.E. Gomez-Serranillos, M.P. 2011. *Sideritis* spp.: Uses, chemical composition and pharmacological activities A Review, *Journal of Ethnopharmacology*, 135:209-225.
- Gustafson, C.D., Marsh, A.W., Branson, R.L. and Davis, S. 1974. Drip irrigation-worldwide. In *Proc. 2<sup>nd</sup> International Drip Irrigation Congress*. San Diego, California, pp. 17-22.
- Halevy, I., Boas, M., Zohar, Y., Shani, M. and Dan, H. 1972. Trickle Irrigation. In: *Trickle Irrigation. European Commission on Agriculture Working Party on Water Resources and Irrigation*. Bucharest, Romania, 1972. FAO, Rome, Irrigation and Drainage Paper No. 14.
- Howell, T.A. 2001. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture. *Agronomy Journal*, 93:281-289.
- Howell, T.A., Tolck, J.A., Schneider, A.D. and Evett, S.R. 1998. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids different in maturity. *Agronomy Journal*, 90:3-9.
- Hueso, J. and Cuevas, J. 2008. Loquat as a crop model for successful deficit irrigation. *Irrig. Sci.*, 26:269-276.
- Kipkorir, E.C., Raes, D., Labadie, J. 2001. Optimal allocation of short-term irrigation supply. *Irrig. Drain Syst.*, 15:247-267.

- Kirda, C., Kanber, R., Tulucu, K., Gungo, H. 1999. Yield response of cotton, maize, soybean, sugar beet, sunflower and wheat to deficit irrigation. In: Kirda, C., Moutonnet, P., Hera, C., Nielsen, D.R. (Eds.), Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 21-38.
- Magalhães, L.M., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J.L.F.C. 2008. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta.*, 613:1-19.
- Montgomery, D.C. 2012. Design and analysis of experiments (8th ed.). New York, NY: Wiley.
- Monteith, J.L. 1993. The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 14:85-91.
- Petreska, J., Stefova, M., Ferreres, F., Moreno, D.A., Tomás-Barberán, F.A., Stefkov, G., Kulevanova, S., Gil-Izquierdo, A. 2011. Dietary burden of phenolics per serving of "mountain tea"(*Sideritis*) from macedonia and correlation to antioxidant activity. *Natural Product Communications*, 6:1305-1314.
- Rana, G. and Katerji, N. 2000. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review. *European Journal of Agronomy*, 13:125-153.
- Rolland, L. 1982. Mechanized sprinkler irrigation. *Irrig. Drain. Pap.* 35. Food and Agriculture Organization. Rome, pp. 409.
- Skotti, E., Anastasaki, E., Kanellou, G., Polissiou, M., Tarantilis, P. 2014. Total phenolic content, antioxidant activity and toxicity of aqueousextracts from selected Greek medicinal and aromatic plants. *Industrial Crops and Products*, 53:46-54.
- Stewart, J.B. 1977. Evaporation from the wet canopy of a pine forest. *Water Resources Res.*, 13:915- 921.
- Stewart, B.A. and Musick, J.T. 1982. Conjunctive use of irrigation and rainfall in semi-arid regions. *Advances in Agronomy*, 1:1-23.
- Stewart, B.A., Musick, J.T. and Dusek, D.A. 1983. Yield and water use efficiency of grain sorghum in a limited irrigation-dryland farming system. *Agronomy Journal*, 75(4):629-634.
- Sun, R., McMechan, G.A., Lee, C., Chow, J. and Chen, C. 2006. Prestack scalar reverse-time depth migration of 3D elastic seismic data. *Geophysics*, 71(5):199-207.



Unger, P.W. and Wiese, A.F. 1979. Managing irrigated winter wheat residue for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Science Society of American Journal*, 43(3):582-588.

Viets, F.G. 1962. Fertilizers and the Efficient Use of Water. *Advances in Agronomy*, 14:223-264.

Zhang, H. 2003. Improving water productivity through deficit irrigation: examples from Syria, the North China Plain and Oregon, USA. In: Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, pp. 301-309.

Ανάσης, Ε. 1976. Τα φαρμακευτικά βότανα της Ελλάδας: ονομασία, ιστορία, βοτανικοί χαρακτήρες, χρησιμότητες, φαρμακευτικές ιδιότητες, καλλιέργεια. Μακρής.

Carper, J. και Καρύδη, Κ. 2004. Τα βότανα είναι θαυματουργά. Εκδόσεις Μοντέρνοι καιροί, Αθήνα.

Γεννάδιος, Π. 1959. Λεξικόν Φυτολογικόν. Γκιούρδα.

Γιουβάνης, Β. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. 2017. Τσάι του βουνού στον κάμπο με ελεγχόμενη άρδευση. Λύκειο των Ελληνίδων Βόλου. Επιστημονική Συνάντηση (Ημερίδα). Βόλος Μαγνησίας, Ελλάδα.

Γκέργκης, Β., Αργυριάδη-Γιάννοβιτς, Ν., Πούλος, Κ. 1990. Εκχύλιση με υγρό διοξειδίο του άνθρακα και Freon-11 του φυτού *Sideritis Labiate* (Τσάι του Βουνού) με σκοπό τη μελέτη του αρώματός του. 2<sup>ο</sup> Συνέδριο Χημείας Ελλάδος- Κύπρου.

Γκόλιαρης, Α. 1984. Το Τσάι του Βουνού, από αυτοφυές τώρα στην καλλιέργεια. Υπουργείο Γεωργίας, Τα Αγροτικά, Τεύχος 16: 29-31.

Duke, J., Ζγουλέτα, Ζ. 2006. Το πράσινο φαρμακείο: βοτανοθεραπείες. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.

Δέρκας, Ν., Καραντούνιας, Γ. 2003. Μεθοδολογία ανάταξης και εκσυγχρονισμού των συλλογικών δικτύων υπό πίεση. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Θεσσαλονίκη, σσ.207-215.

Θανασούλια, Β. και Σιατής, Ν. 2008. Περί βοτάνων: πλήρης οδηγός βοτάνων, μορφολογία, ιδιότητες, τρόποι χρήσης. Εκδόσεις Αγγελάκη, Αθήνα.

- Λουϊζάκης, Α.Δ. 1996. Άρδευση με μετακινούμενο εκτοξευτήρα. Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ Κ. Ελλάδας «Εγγειοβελτιωτικά Έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας», Λάρισα, σελ. 298-306.
- Μήτσιος, Ι.Κ. 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
- Μητσογιάννης, Δ. 1972. Η καλλιέργεια του φυτού *Sideritis* (τσάι του βουνού) στο Νομό Μαγνησίας. Έρευνα Γραφείου Γεωργικής Ανάπτυξης, Αλμυρός.
- Μιχελάκης, Ν. 1988. Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., Αθήνα.
- Παπαζαφειρίου, Ζ. 1994. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Παπαζαφειρίου, Ζ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. 2004. Σημειώσεις Αρδεύσεων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Σκρουμπής, Β. 1998. Αρωματικά, Φαρμακευτικά και Μελισσοτροφικά Φυτά της Ελλάδος. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.
- Σπανίδη, Ε. 2014. Τα φυτά του γένους *Sideritis* «τσάι του βουνού» στην ελληνική αγορά βοτάνων: Ταξινομικός προσδιορισμός και αντιοξειδωτική ικανότητα εκχυλισμάτων. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Τερζίδης, Γ. και Παπαζαφειρίου, Ζ. 1997. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**  
**Στατιστικής Ανάλυσης**

## Κλιματολογικά δεδομένα

### Βροχοπτώσεις

#### T-Test

##### Paired Samples Statistics

|        |             | Mean    | N  | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|-------------|---------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Rain25years | 12,1091 | 11 | 11,67514       | 3,52019         |
|        | Rain2017    | 13,3818 | 11 | 14,39096       | 4,33904         |

##### Paired Samples Correlations

|        |                        | N  | Correlation | Sig. |
|--------|------------------------|----|-------------|------|
| Pair 1 | Rain25years & Rain2017 | 11 | -,075       | ,827 |

##### Paired Samples Test

|        |                        | Paired Differences |                | 95% Confidence Interval of the Difference |  | t         | df       | Sig. (2-tailed) |
|--------|------------------------|--------------------|----------------|---|--|-----------|----------|-----------------|
|        |                        | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean                           |  | Lower     | Upper    |                 |
| Pair 1 | Rain25years - Rain2017 | -1,27273           | 19,19636       | 5,78792                                   |  | -14,16902 | 11,62356 | ,220            |

#### T-Test-March

##### Paired Samples Statistics

|        |             | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|-------------|---------|---|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Rain25years | 13,3333 | 3 | 1,52753        | ,88192          |
|        | Rain2017    | 10,8667 | 3 | 16,23125       | 9,37111         |

##### Paired Samples Correlations

|        |                        | N | Correlation | Sig. |
|--------|------------------------|---|-------------|------|
| Pair 1 | Rain25years & Rain2017 | 3 | ,955        | ,193 |

| Paired Samples Test |                        |                    |                |                 |   |          |      |    |                 |
|---------------------|------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|----------|------|----|-----------------|
|                     |                        | Paired Differences |                |                 |   |          |      |    |                 |
|                     |                        | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t    | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                        |                    |                |                 | Lower                                     | Upper    |      |    |                 |
| Pair 1              | Rain25years - Rain2017 | 2,46667            | 14,78017       | 8,53333         | -34,24930                                 | 39,18264 | ,289 | 2  | ,800            |

### T-Test-May

| Paired Samples Statistics |             |         |   |                |                 |
|---------------------------|-------------|---------|---|----------------|-----------------|
|                           |             | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | Rain25years | 9,4333  | 3 | 2,65016        | 1,53007         |
|                           | Rain2017    | 11,0667 | 3 | 10,34666       | 5,97365         |

| Paired Samples Correlations |                        |   |             |      |
|-----------------------------|------------------------|---|-------------|------|
|                             |                        | N | Correlation | Sig. |
| Pair 1                      | Rain25years & Rain2017 | 3 | ,847        | ,357 |

| Paired Samples Test |                        |                    |                |                 |   |          |       |    |                 |
|---------------------|------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|----------|-------|----|-----------------|
|                     |                        | Paired Differences |                |                 |   |          |       |    |                 |
|                     |                        | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                        |                    |                |                 | Lower                                     | Upper    |       |    |                 |
| Pair 1              | Rain25years - Rain2017 | -1,63333           | 8,22456        | 4,74845         | -22,06426                                 | 18,79760 | -,344 | 2  | ,764            |

### T-Test-June

| Paired Samples Statistics |             |         |   |                |                 |
|---------------------------|-------------|---------|---|----------------|-----------------|
|                           |             | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | Rain25years | 12,5000 | 3 | 21,65064       | 12,50000        |
|                           | Rain2017    | 15,0000 | 3 | 23,58644       | 13,61764        |

| Paired Samples Correlations |                        |   |             |      |
|-----------------------------|------------------------|---|-------------|------|
|                             |                        | N | Correlation | Sig. |
| Pair 1                      | Rain25years & Rain2017 | 3 | -,455       | ,699 |

| Paired Samples Test |                        |                    |                |                 |   |          |       |    |                 |
|---------------------|------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|----------|-------|----|-----------------|
|                     |                        | Paired Differences |                |                 |   |          |       |    |                 |
|                     |                        | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                        |                    |                |                 | Lower                                     | Upper    |       |    |                 |
| Pair 1              | Rain25years - Rain2017 | -2,50000           | 38,60142       | 22,28654        | -98,39126                                 | 93,39126 | -,112 | 2  | ,921            |

## T-Test-July

| Paired Samples Statistics |             |         |   |                |                 |
|---------------------------|-------------|---------|---|----------------|-----------------|
|                           |             | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | Rain25years | 13,7000 | 2 | 19,37473       | 13,70000        |
|                           | Rain2017    | 18,2000 | 2 | 11,31371       | 8,00000         |

| Paired Samples Correlations |                        |   |             |      |
|-----------------------------|------------------------|---|-------------|------|
|                             |                        | N | Correlation | Sig. |
| Pair 1                      | Rain25years & Rain2017 | 2 | 1,000       | ,000 |

| Paired Samples Test |                        |                    |                |                 |   |          |       |    |                 |
|---------------------|------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|----------|-------|----|-----------------|
|                     |                        | Paired Differences |                |                 |   |          |       |    |                 |
|                     |                        | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                        |                    |                |                 | Lower                                     | Upper    |       |    |                 |
| Pair 1              | Rain25years - Rain2017 | -4,50000           | 8,06102        | 5,70000         | -76,92537                                 | 67,92537 | -,789 | 1  | ,575            |



## Θερμοκρασίες

### T-Test

#### Paired Samples Statistics

|        |                    | Mean    | N  | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|--------------------|---------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Temperature25years | 16,7545 | 11 | 5,81057        | 1,75195         |
|        | Temperature2017    | 15,6573 | 11 | 4,12695        | 1,24432         |

#### Paired Samples Correlations

|        |                                      | N  | Correlation | Sig. |
|--------|--------------------------------------|----|-------------|------|
| Pair 1 | Temperature25years & Temperature2017 | 11 | ,929        | ,000 |

#### Paired Samples Test

|        |                                      | Paired Differences |                |                 |  | 95% Confidence Interval of the Difference |         |  |  | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|--------|--------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|--|---|---------|--|--|-------|----|-----------------|
|        |                                      | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean |  | Lower                                     | Upper   |  |  |       |    |                 |
| Pair 1 | Temperature25years - Temperature2017 | 1,09727            | 2,49774        | ,75310          |  | -,58073                                   | 2,77528 |  |  | 1,457 | 10 | ,176            |

### T-Test-March

#### Paired Samples Statistics

|        |                    | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|--------------------|---------|---|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Temperature25years | 10,2000 | 3 | 1,05830        | ,61101          |
|        | Temperature2017    | 11,1467 | 3 | 1,28664        | ,74284          |

#### Paired Samples Correlations

|        |                                      | N | Correlation | Sig. |
|--------|--------------------------------------|---|-------------|------|
| Pair 1 | Temperature25years & Temperature2017 | 3 | ,909        | ,273 |

| Paired Samples Test |                                      |                    |                |                 |   |        |        |    |                 |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|--------|--------|----|-----------------|
|                     |                                      | Paired Differences |                |                 |   |        |        |    |                 |
|                     |                                      | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |        | t      | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                                      |                    |                |                 | Lower                                     | Upper  |        |    |                 |
| Pair 1              | Temperature25years - Temperature2017 | -,94667            | ,54721         | ,31593          | -2,30600                                  | ,41267 | -2,996 | 2  | ,096            |

## T-Test-May

| Paired Samples Statistics |                    |         |   |                |                 |
|---------------------------|--------------------|---------|---|----------------|-----------------|
|                           |                    | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | Temperature25years | 13,9000 | 3 | 1,17898        | ,68069          |
|                           | Temperature2017    | 13,7600 | 3 | 1,86631        | 1,07751         |

| Paired Samples Correlations |                                      |   |             |      |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|-------------|------|
|                             |                                      | N | Correlation | Sig. |
| Pair 1                      | Temperature25years & Temperature2017 | 3 | ,913        | ,267 |

| Paired Samples Test |                                      |                    |                |                 |   |         |      |    |                 |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|---------|------|----|-----------------|
|                     |                                      | Paired Differences |                |                 |   |         |      |    |                 |
|                     |                                      | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |         | t    | df | Sig. (2-tailed) |
|                     |                                      |                    |                |                 | Lower                                     | Upper   |      |    |                 |
| Pair 1              | Temperature25years - Temperature2017 | ,14000             | ,92418         | ,53357          | -2,15578                                  | 2,43578 | ,262 | 2  | ,818            |

## T-Test-June

| Paired Samples Statistics |                    |         |   |                |                 |
|---------------------------|--------------------|---------|---|----------------|-----------------|
|                           |                    | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | Temperature25years | 21,0000 | 3 | 1,50000        | ,86603          |
|                           | Temperature2017    | 18,8933 | 3 | ,46058         | ,26592          |

### Paired Samples Correlations

|        |                                      | N | Correlation | Sig. |
|--------|--------------------------------------|---|-------------|------|
| Pair 1 | Temperature25years & Temperature2017 | 3 | -,543       | ,635 |

### Paired Samples Test

|        |                                      | Paired Differences |                |                 |   |         |       |    |                 |
|--------|--------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|---------|-------|----|-----------------|
|        |                                      | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |         | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|        |                                      |                    |                |                 | Lower                                     | Upper   |       |    |                 |
| Pair 1 | Temperature25years - Temperature2017 | 2,10667            | 1,79224        | 1,03475         | -2,34551                                  | 6,55884 | 2,036 | 2  | ,179            |

### T-Test-July

### Paired Samples Statistics

|        |                    | Mean    | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|--------------------|---------|---|----------------|-----------------|
| Pair 1 | Temperature25years | 24,5000 | 2 | ,84853         | ,60000          |
|        | Temperature2017    | 20,4150 | 2 | 3,33047        | 2,35500         |

### Paired Samples Correlations

|        |                                      | N | Correlation | Sig. |
|--------|--------------------------------------|---|-------------|------|
| Pair 1 | Temperature25years & Temperature2017 | 2 | -1,000      | ,000 |

### Paired Samples Test

|        |                                      | Paired Differences |                |                 |   |          |       |    |                 |
|--------|--------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|----------|-------|----|-----------------|
|        |                                      | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|        |                                      |                    |                |                 | Lower                                     | Upper    |       |    |                 |
| Pair 1 | Temperature25years - Temperature2017 | 4,08500            | 4,17900        | 2,95500         | -33,46184                                 | 41,63184 | 1,382 | 1  | ,399            |

## Εφαρμοζόμενη ποσότητα αρδευτικού νερού

### T-Test

#### Paired Samples Statistics

|        |        | Mean   | N  | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|--------|--------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 | DnE100 | 2,8543 | 56 | 2,87374        | ,38402          |
|        | DnE50  | 1,4273 | 56 | 1,43705        | ,19203          |

#### Paired Samples Correlations

|        |                | N  | Correlation | Sig. |
|--------|----------------|----|-------------|------|
| Pair 1 | DnE100 & DnE50 | 56 | 1,000       | ,000 |

#### Paired Samples Test

|        |                | Paired Differences |                |                 |   |         |       |    |                 |
|--------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|---|---------|-------|----|-----------------|
|        |                | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |         | t     | df | Sig. (2-tailed) |
|        |                |                    |                |                 | Lower                                     | Upper   |       |    |                 |
| Pair 1 | DnE100 - DnE50 | 1,42696            | 1,43670        | ,19199          | 1,04221                                   | 1,81171 | 7,433 | 55 | ,000            |

## Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας

### Ύψος Φυτών

#### Oneway

| Descriptives |                |         |                |            |                                  |         |         |          |
|--------------|----------------|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|----------|
| Height       |                |         |                |            |                                  |         |         |          |
|              | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum  |
| E100         | 30             | 48,2000 | 8,61194        | 1,57232    | 44,9842                          | 51,4158 | 35,00   | 63,00    |
| E50          | 30             | 43,8000 | 9,43362        | 1,72233    | 40,2774                          | 47,3226 | 27,00   | 61,00    |
| E0           | 30             | 37,5667 | 9,81443        | 1,79186    | 33,9019                          | 41,2314 | 22,00   | 58,00    |
| Total        | 90             | 43,1889 | 10,18800       | 1,07391    | 41,0551                          | 45,3227 | 22,00   | 63,00    |
| Model        | Fixed Effects  |         | 9,30021        | ,98033     | 41,2404                          | 45,1374 |         |          |
|              | Random Effects |         |                | 3,08475    | 29,9163                          | 56,4615 |         | 25,66391 |

#### Test of Homogeneity of Variances

|                  |     |     |      |  |
|------------------|-----|-----|------|--|
| Height           |     |     |      |  |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |  |
| ,342             | 2   | 87  | ,711 |  |

#### ANOVA

| Height         |                |    |             |       |      |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| Between Groups | 1712,822       | 2  | 856,411     | 9,901 | ,000 |
| Within Groups  | 7524,967       | 87 | 86,494      |       |      |
| Total          | 9237,789       | 89 |             |       |      |

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Height

|     | (I) Treatment | (J) Treatment | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |               |               |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100          | E50           | 4,40000               | 2,40130    | ,070 | -,3729                  | 9,1729      |
|     |               | E0            | 10,63333*             | 2,40130    | ,000 | 5,8605                  | 15,4062     |
|     | E50           | E100          | -4,40000              | 2,40130    | ,070 | -9,1729                 | ,3729       |
|     |               | E0            | 6,23333*              | 2,40130    | ,011 | 1,4605                  | 11,0062     |
|     | E0            | E100          | -10,63333*            | 2,40130    | ,000 | -15,4062                | -5,8605     |
|     |               | E50           | -6,23333*             | 2,40130    | ,011 | -11,0062                | -1,4605     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

### Height

|                     |           | Subset for alpha = 0.05 |            |
|---------------------|-----------|-------------------------|------------|
|                     | Treatment | N                       |            |
| Duncan <sup>a</sup> | E0        | 30                      | 37,5667    |
|                     | E50       | 30                      | 43,8000    |
|                     | E100      | 30                      | 48,2000    |
|                     | Sig.      |                         | 1,000 .070 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.

## Oneway-Treatment1

### Descriptives

Height

|            |                | N  | Mean    | Std. Deviation | Std. Error           | 95% Confidence Interval for Mean |                      | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
|------------|----------------|----|---------|----------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|---------|---------|----------------------------|
| E100-Plot1 |                | 10 | 49,0000 | 6,32456        | 2,00000              | 44,4757                          | 53,5243              | 38,00   | 56,00   |                            |
| E100-Plot2 |                | 10 | 49,3000 | 11,68142       | 3,69399              | 40,9436                          | 57,6564              | 35,00   | 63,00   |                            |
| E100-Plot3 |                | 10 | 46,3000 | 7,51369        | 2,37604              | 40,9250                          | 51,6750              | 38,00   | 62,00   |                            |
| Total      |                | 30 | 48,2000 | 8,81194        | 1,57232              | 44,9842                          | 51,4158              | 35,00   | 63,00   |                            |
| Model      | Fixed Effects  |    |         | 8,81119        | 1,60870              | 44,8992                          | 51,5008              |         |         |                            |
|            | Random Effects |    |         |                | 1,60870 <sup>a</sup> | 41,2783 <sup>a</sup>             | 55,1217 <sup>a</sup> |         |         | -5,03370                   |

a. Warning: Between-component variance is negative. It was replaced by 0.0 in computing this random effects measure.

## Test of Homogeneity of Variances

Height

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 5,054            | 2   | 27  | ,014 |

### ANOVA

Height

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|------|------|
| Between Groups | 54,600         | 2  | 27,300      | ,352 | ,707 |
| Within Groups  | 2096,200       | 27 | 77,637      |      |      |
| Total          | 2150,800       | 29 |             |      |      |

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Height

|     | (I) Plot   | (J) Plot   | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |         |
|-----|------------|------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|---------|
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -,30000               | 3,94048    | ,940 | -8,3852                 | 7,7852  |
|     |            | E100-PLOT3 | 2,70000               | 3,94048    | ,499 | -5,3852                 | 10,7852 |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | ,30000                | 3,94048    | ,940 | -7,7852                 | 8,3852  |
|     |            | E100-PLOT3 | 3,00000               | 3,94048    | ,453 | -5,0852                 | 11,0852 |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | -2,70000              | 3,94048    | ,499 | -10,7852                | 5,3852  |
|     |            | E100-PLOT2 | -3,00000              | 3,94048    | ,453 | -11,0852                | 5,0852  |

## Homogeneous Subsets

### Height

|                     | Plot       | N  | Subset for alpha = 0.05 |
|---------------------|------------|----|-------------------------|
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT3 | 10 | 46,3000                 |
|                     | E100-PLOT1 | 10 | 49,0000                 |
|                     | E100-PLOT2 | 10 | 49,3000                 |
|                     | Sig.       |    | ,480                    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

## Oneway-Treatment2

### Descriptives

Height

|           | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error           | 95% Confidence Interval for Mean |                      | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
|-----------|----------------|---------|----------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|---------|---------|----------------------------|
| E50-PLOT1 | 10             | 42,0000 | 9,40449        | 2,97396              | 35,2724                          | 48,7276              | 28,00   | 56,00   |                            |
| E50-PLOT2 | 10             | 44,8000 | 7,49518        | 2,37019              | 39,4383                          | 50,1617              | 36,00   | 55,00   |                            |
| E50-PLOT3 | 10             | 44,6000 | 11,69235       | 3,69745              | 36,2358                          | 52,9642              | 27,00   | 61,00   |                            |
| Total     | 30             | 43,8000 | 9,43362        | 1,72233              | 40,2774                          | 47,3226              | 27,00   | 61,00   |                            |
| Model     | Fixed Effects  |         | 9,68389        | 1,76803              | 40,1723                          | 47,4277              |         |         |                            |
|           | Random Effects |         |                | 1,76803 <sup>a</sup> | 36,1928 <sup>a</sup>             | 51,4072 <sup>a</sup> |         |         | -6,93778                   |

a. Warning: Between-component variance is negative. It was replaced by 0.0 in computing this random effects measure.



### Test of Homogeneity of Variances

Height

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,965             | 2   | 27  | ,394 |

### ANOVA

Height

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|------|------|
| Between Groups | 48,800         | 2  | 24,400      | ,260 | ,773 |
| Within Groups  | 2532,000       | 27 | 93,778      |      |      |
| Total          | 2580,800       | 29 |             |      |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Height

|     | (I) Plot  | (J) Plot  | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|-----------|-----------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |           |           |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E50-PLOT1 | E50-PLOT2 | -2,80000              | 4,33077    | ,523 | -11,6860                | 6,0860      |
|     |           | E50-PLOT3 | -2,60000              | 4,33077    | ,553 | -11,4860                | 6,2860      |
|     | E50-PLOT2 | E50-PLOT1 | 2,80000               | 4,33077    | ,523 | -6,0860                 | 11,6860     |
|     |           | E50-PLOT3 | ,20000                | 4,33077    | ,964 | -8,6860                 | 9,0860      |
|     | E50-PLOT3 | E50-PLOT1 | 2,60000               | 4,33077    | ,553 | -6,2860                 | 11,4860     |
|     |           | E50-PLOT2 | -,20000               | 4,33077    | ,964 | -9,0860                 | 8,6860      |

### Homogeneous Subsets

Height

|                     |           |    | Subset for alpha = 0.05 |
|---------------------|-----------|----|-------------------------|
|                     |           |    | 1                       |
| Duncan <sup>a</sup> | Plot      | N  |                         |
|                     | E50-PLOT1 | 10 | 42,0000                 |
|                     | E50-PLOT3 | 10 | 44,6000                 |
|                     | E50-PLOT2 | 10 | 44,8000                 |
| Sig.                |           |    | ,548                    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

## Oneway-Treatment3

| Descriptives |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|--------------|----------------|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
| Height       |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|              | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E0-PLOT1     | 10             | 31,9000 | 8,54335        | 2,70165    | 25,7885                          | 38,0115 | 22,00   | 45,00   |                            |
| E0-PLOT2     | 10             | 38,9000 | 10,11544       | 3,19878    | 31,6638                          | 46,1362 | 26,00   | 55,00   |                            |
| E0-PLOT3     | 10             | 41,9000 | 8,74897        | 2,76667    | 35,6414                          | 48,1586 | 30,00   | 58,00   |                            |
| Total        | 30             | 37,5667 | 9,81443        | 1,79188    | 33,9019                          | 41,2314 | 22,00   | 58,00   |                            |
| Model        | Fixed Effects  |         | 9,16252        | 1,67284    | 34,1343                          | 40,9991 |         |         |                            |
|              | Random Effects |         |                | 2,96273    | 24,8191                          | 50,3143 |         |         | 17,93815                   |

| Test of Homogeneity of Variances |     |     |      |  |
|----------------------------------|-----|-----|------|--|
| Height                           |     |     |      |  |
| Levene Statistic                 | df1 | df2 | Sig. |  |
| ,214                             | 2   | 27  | ,808 |  |

| ANOVA          |                |    |             |       |      |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Height         |                |    |             |       |      |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| Between Groups | 526,667        | 2  | 263,333     | 3,137 | ,060 |
| Within Groups  | 2266,700       | 27 | 83,952      |       |      |
| Total          | 2793,367       | 29 |             |       |      |

## Post Hoc Tests

| Multiple Comparisons       |          |          |                       |            |      |                         |         |
|----------------------------|----------|----------|-----------------------|------------|------|-------------------------|---------|
| Dependent Variable: Height |          |          |                       |            |      |                         |         |
|                            | (I) Plot | (J) Plot | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |         |
| LSD                        | E0-PLOT1 | E0-PLOT2 | -7,00000              | 4,09761    | ,099 | -15,4076                | 1,4076  |
|                            |          | E0-PLOT3 | -10,00000*            | 4,09761    | ,022 | -18,4076                | -1,5924 |
|                            | E0-PLOT2 | E0-PLOT1 | 7,00000               | 4,09761    | ,099 | -1,4076                 | 15,4076 |
|                            |          | E0-PLOT3 | -3,00000              | 4,09761    | ,470 | -11,4076                | 5,4076  |
|                            | E0-PLOT3 | E0-PLOT1 | 10,00000*             | 4,09761    | ,022 | 1,5924                  | 18,4076 |
|                            |          | E0-PLOT2 | 3,00000               | 4,09761    | ,470 | -5,4076                 | 11,4076 |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| Height   |          |    |         |         |
|--|----------|----|---------|---------|
| Subset for alpha = 0.05                                |          |    |         |         |
|  | Plot     | N  | 1       | 2       |
| Duncan <sup>a</sup>                                    | E0-PLOT1 | 10 | 31,9000 |         |
|  | E0-PLOT2 | 10 | 38,9000 | 38,9000 |
|  | E0-PLOT3 | 10 |         | 41,9000 |
|  | Sig.     |    | ,099    | ,470    |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. |          |    |         |         |
| a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.            |          |    |         |         |

## Χλωρό Βάρος Φυτών

### Oneway

#### Descriptives

| GreenWeight |                |           |                |            |                                  |           |         |         |                            |
|-------------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------------------------|-----------|---------|---------|----------------------------|
|             | N              | Mean      | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |           | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100        | 3              | 1383,3333 | 65,06407       | 37,56476   | 1221,7052                        | 1544,9614 | 1320,00 | 1450,00 |                            |
| E50         | 3              | 1006,6667 | 37,85939       | 21,85813   | 912,6187                         | 1100,7146 | 980,00  | 1050,00 |                            |
| E0          | 3              | 663,3333  | 20,81666       | 12,01850   | 611,6219                         | 715,0448  | 640,00  | 680,00  |                            |
| Total       | 9              | 1017,7778 | 314,31584      | 104,77195  | 776,1732                         | 1259,3823 | 640,00  | 1450,00 |                            |
| Model       | Fixed Effects  |           | 45,09250       | 15,03083   | 980,9987                         | 1054,5569 |         |         |                            |
|             | Random Effects |           |                | 207,92033  | 123,1688                         | 1912,3868 |         |         | 129014,8148                |

### Test of Homogeneity of Variances

GreenWeight

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 1,236            | 2   | 6   | ,355 |

### ANOVA

GreenWeight

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 778155,556     | 2  | 389077,778  | 191,350 | ,000 |
| Within Groups  | 12200,000      | 6  | 2033,333    |         |      |
| Total          | 790355,556     | 8  |             |         |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: GreenWeight

|     | (I) Treatment | (J) Treatment | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |           |
|-----|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-----------|
| LSD | E100          | E50           | 376,66667*            | 36,81787   | ,000 | 286,5766                | 466,7567  |
|     |               | E0            | 720,00000*            | 36,81787   | ,000 | 629,9099                | 810,0901  |
|     | E50           | E100          | -376,66667*           | 36,81787   | ,000 | -466,7567               | -286,5766 |
|     |               | E0            | 343,33333*            | 36,81787   | ,000 | 253,2433                | 433,4234  |
|     | E0            | E100          | -720,00000*           | 36,81787   | ,000 | -810,0901               | -629,9099 |
|     |               | E50           | -343,33333*           | 36,81787   | ,000 | -433,4234               | -253,2433 |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| GreenWeight         |      |   |                         |           |           |
|---------------------|------|---|-------------------------|-----------|-----------|
|                     |      | N | Subset for alpha = 0.05 |           |           |
| Treatment           |      |   | 1                       | 2         | 3         |
| Duncan <sup>a</sup> | E0   | 3 | 663,3333                |           |           |
|                     | E50  | 3 |                         | 1006,6667 |           |
|                     | E100 | 3 |                         |           | 1383,3333 |
|                     | Sig. |   | 1,000                   | 1,000     | 1,000     |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Ξηρό Βάρος Φυτών

### Oneway

| Descriptives |                |          |                |            |                                  |             |         |             |
|--------------|----------------|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|-------------|
| DryWeight    |                |          |                |            |                                  |             |         |             |
|              | N              | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum     |
|              |                |          |                |            | Lower Bound                      | Upper Bound |         |             |
| E100         | 3              | 500,0000 | 46,35731       | 26,76440   | 384,8421                         | 615,1579    | 448,00  | 537,00      |
| E50          | 3              | 400,0000 | 26,45751       | 15,27525   | 334,2759                         | 465,7241    | 380,00  | 430,00      |
| E0           | 3              | 228,3333 | 7,63763        | 4,40959    | 209,3604                         | 247,3062    | 220,00  | 235,00      |
| Total        | 9              | 376,1111 | 122,00763      | 40,66921   | 282,3277                         | 469,8945    | 220,00  | 537,00      |
| Model        | Fixed Effects  |          | 31,13055       | 10,37685   | 350,7199                         | 401,5023    |         |             |
|              | Random Effects |          |                | 79,32781   | 34,7911                          | 717,4311    |         | 18555,66667 |

### Test of Homogeneity of Variances

|           |     |     |      |
|-----------|-----|-----|------|
| DryWeight |     |     |      |
| Levene    |     |     |      |
| Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 4,160     | 2   | 6   | ,074 |

### ANOVA

| DryWeight      |                |    |             |        |      |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Between Groups | 113272,222     | 2  | 56636,111   | 58,441 | ,000 |
| Within Groups  | 5814,667       | 6  | 969,111     |        |      |
| Total          | 119086,889     | 8  |             |        |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: DryWeight

|     | (I) Treatment | (J) Treatment | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |               |               |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100          | E50           | 100,00000*            | 25,41799   | ,008 | 37,8044                 | 162,1956    |
|     |               | E0            | 271,66667*            | 25,41799   | ,000 | 209,4711                | 333,8622    |
|     | E50           | E100          | -100,00000*           | 25,41799   | ,008 | -162,1956               | -37,8044    |
|     |               | E0            | 171,66667*            | 25,41799   | ,001 | 109,4711                | 233,8622    |
|     | E0            | E100          | -271,66667*           | 25,41799   | ,000 | -333,8622               | -209,4711   |
|     |               | E50           | -171,66667*           | 25,41799   | ,001 | -233,8622               | -109,4711   |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| DryWeight           |      |   |                         |          |          |
|---------------------|------|---|-------------------------|----------|----------|
|                     |      | N | Subset for alpha = 0,05 |          |          |
| Treatment           |      |   | 1                       | 2        | 3        |
| Duncan <sup>a</sup> | E0   | 3 | 228,3333                |          |          |
|                     | E50  | 3 |                         | 400,0000 |          |
|                     | E100 | 3 |                         |          | 500,0000 |
|                     | Sig. |   | 1,000                   | 1,000    | 1,000    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.



## Ολικές Φαινόλες

### Oneway

#### Descriptives

| TotalPhenols |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|--------------|----------------|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
|              | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100         | 9              | 24,5656 | 5,48350        | 1,82783    | 20,3506                          | 28,7805 | 17,41   | 31,71   |                            |
| E50          | 9              | 38,0300 | 6,43091        | 2,14364    | 33,0868                          | 42,9732 | 33,16   | 47,09   |                            |
| E0           | 9              | 29,0944 | 4,13507        | 1,37836    | 25,9159                          | 32,2729 | 25,32   | 34,81   |                            |
| Total        | 27             | 30,5633 | 7,72890        | 1,48743    | 27,5059                          | 33,6208 | 17,41   | 47,09   |                            |
| Model        | Fixed Effects  |         | 5,43213        | 1,04541    | 28,4057                          | 32,7210 |         |         |                            |
|              | Random Effects |         |                | 3,95563    | 13,5436                          | 47,5830 |         |         | 43,66237                   |

#### Test of Homogeneity of Variances

| TotalPhenols     |     |     |      |
|------------------|-----|-----|------|
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 1,889            | 2   | 24  | ,173 |

#### ANOVA

| TotalPhenols   |                |    |             |        |      |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Between Groups | 844,939        | 2  | 422,469     | 14,317 | ,000 |
| Within Groups  | 708,193        | 24 | 29,508      |        |      |
| Total          | 1553,131       | 26 |             |        |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: TotalPhenols

|     | (I) Treatment | (J) Treatment | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |               |               |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100          | E50           | -13,46444*            | 2,56073    | ,000 | -18,7495                | -8,1794     |
|     |               | E0            | -4,52889              | 2,56073    | ,090 | -9,8140                 | ,7562       |
|     | E50           | E100          | 13,46444*             | 2,56073    | ,000 | 8,1794                  | 18,7495     |
|     |               | E0            | 8,93556*              | 2,56073    | ,002 | 3,6505                  | 14,2206     |
|     | E0            | E100          | 4,52889               | 2,56073    | ,090 | -,7562                  | 9,8140      |
|     |               | E50           | -8,93556*             | 2,56073    | ,002 | -14,2206                | -3,6505     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| TotalPhenols        |      |   |                         |         |
|---------------------|------|---|-------------------------|---------|
|                     |      | N | Subset for alpha = 0.05 |         |
| Treatment           |      |   | 1                       | 2       |
| Duncan <sup>a</sup> | E100 | 9 | 24,5656                 |         |
|                     | E0   | 9 | 29,0944                 |         |
|                     | E50  | 9 |                         | 38,0300 |
|                     | Sig. |   | ,090                    | 1,000   |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

## Oneway-Treatment1

| Descriptives |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|--------------|----------------|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
| TotalPhenols |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|              | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100-PLOT1   | 3              | 18,0400 | ,63000         | ,36373     | 16,4750                          | 19,6050 | 17,41   | 18,67   |                            |
| E100-PLOT2   | 3              | 25,0633 | ,33828         | ,19531     | 24,2230                          | 25,9037 | 24,68   | 25,32   |                            |
| E100-PLOT3   | 3              | 30,5933 | 1,00818        | ,58207     | 28,0889                          | 33,0978 | 29,75   | 31,71   |                            |
| Total        | 9              | 24,5656 | 5,48350        | 1,82783    | 20,3506                          | 28,7805 | 17,41   | 31,71   |                            |
| Model        | Fixed Effects  |         | ,71362         | ,23787     | 23,9835                          | 25,1476 |         |         |                            |
|              | Random Effects |         |                | 3,63237    | 8,9367                           | 40,1944 |         |         | 39,41263                   |

## Test of Homogeneity of Variances

| TotalPhenols     |     |     |      |  |
|------------------|-----|-----|------|--|
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |  |
| 1,668            | 2   | 6   | ,265 |  |

## ANOVA

| TotalPhenols   |                |    |             |         |      |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
| Between Groups | 237,494        | 2  | 118,747     | 233,178 | ,000 |
| Within Groups  | 3,056          | 6  | ,509        |         |      |
| Total          | 240,550        | 8  |             |         |      |

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: TotalPhenols

|     | (I) Plot   | (J) Plot   | Mean Difference (I-J)  | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|------------|------------|------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |            |            |                        |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -7,02333 <sup>*</sup>  | ,58267     | ,000 | -8,4491                 | -5,5976     |
|     |            | E100-PLOT3 | -12,55333 <sup>*</sup> | ,58267     | ,000 | -13,9791                | -11,1276    |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | 7,02333 <sup>*</sup>   | ,58267     | ,000 | 5,5976                  | 8,4491      |
|     |            | E100-PLOT3 | -5,53000 <sup>*</sup>  | ,58267     | ,000 | -6,9557                 | -4,1043     |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | 12,55333 <sup>*</sup>  | ,58267     | ,000 | 11,1276                 | 13,9791     |
|     |            | E100-PLOT2 | 5,53000 <sup>*</sup>   | ,58267     | ,000 | 4,1043                  | 6,9557      |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

### TotalPhenols

|                     |            |   | Subset for alpha = 0.05 |         |         |
|---------------------|------------|---|-------------------------|---------|---------|
|                     | Plot       | N | 1                       | 2       | 3       |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3 | 18,0400                 |         |         |
|                     | E100-PLOT2 | 3 |                         | 25,0633 |         |
|                     | E100-PLOT3 | 3 |                         |         | 30,5833 |
|                     | Sig.       |   | 1,000                   | 1,000   | 1,000   |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Oneway-Treatment2

### Descriptives

TotalPhenols

|            |                | N | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
|------------|----------------|---|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
| E100-PLOT1 |                | 3 | 33,4367 | ,37233         | ,21497     | 32,5117                          | 34,3616 | 33,16   | 33,86   |                            |
| E100-PLOT2 |                | 3 | 34,0700 | ,41037         | ,23692     | 33,0506                          | 35,0894 | 33,67   | 34,49   |                            |
| E100-PLOT3 |                | 3 | 46,5833 | ,45764         | ,26422     | 45,4465                          | 47,7202 | 46,20   | 47,09   |                            |
| Total      |                | 9 | 38,0300 | 6,43091        | 2,14364    | 33,0868                          | 42,9732 | 33,16   | 47,09   |                            |
| Model      | Fixed Effects  |   |         | ,41492         | ,13831     | 37,6916                          | 38,3684 |         |         |                            |
|            | Random Effects |   |         |                | 4,28057    | 19,6122                          | 56,4478 |         |         | 54,91253                   |

### Test of Homogeneity of Variances

TotalPhenols

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,089             | 2   | 6   | ,916 |

### ANOVA

TotalPhenols

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 329,819        | 2  | 164,910     | 957,911 | ,000 |
| Within Groups  | 1,033          | 6  | ,172        |         |      |
| Total          | 330,852        | 8  |             |         |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: TotalPhenols

|     | (I) Plot   | (J) Plot   | Mean Difference (I-J)  | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|------------|------------|------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |            |            |                        |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -,63333                | ,33878     | ,111 | -1,4623                 | ,1956       |
|     |            | E100-PLOT3 | -13,14667 <sup>a</sup> | ,33878     | ,000 | -13,9756                | -12,3177    |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | ,63333                 | ,33878     | ,111 | -,1956                  | 1,4623      |
|     |            | E100-PLOT3 | -12,51333 <sup>a</sup> | ,33878     | ,000 | -13,3423                | -11,6844    |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | 13,14667 <sup>a</sup>  | ,33878     | ,000 | 12,3177                 | 13,9756     |
|     |            | E100-PLOT2 | 12,51333 <sup>a</sup>  | ,33878     | ,000 | 11,6844                 | 13,3423     |

<sup>a</sup>. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Homogeneous Subsets

#### TotalPhenols

|                     |            |   | Subset for alpha = 0.05 |         |
|---------------------|------------|---|-------------------------|---------|
|                     | Plot       | N | 1                       | 2       |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3 | 33,4367                 |         |
|                     | E100-PLOT2 | 3 | 34,0700                 |         |
|                     | E100-PLOT3 | 3 |                         | 46,5833 |
|                     | Sig.       |   | ,111                    | 1,000   |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Oneway-Treatment3

### Descriptives

| TotalPhenols |                |         |                |            |                                  |         |         |         |                            |
|--------------|----------------|---------|----------------|------------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|
|              | N              | Mean    | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |         | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100-PLOT1   | 3              | 25,6767 | ,32316         | ,18658     | 24,8739                          | 26,4794 | 25,32   | 25,95   |                            |
| E100-PLOT2   | 3              | 27,0700 | ,30050         | ,17349     | 26,3235                          | 27,8165 | 26,84   | 27,41   |                            |
| E100-PLOT3   | 3              | 34,5367 | ,32316         | ,18658     | 33,7339                          | 35,3394 | 34,18   | 34,81   |                            |
| Total        | 9              | 29,0944 | 4,13507        | 1,37836    | 25,9159                          | 32,2729 | 25,32   | 34,81   |                            |
| Model        | Fixed Effects  |         | ,31579         | ,10526     | 28,8369                          | 29,3520 |         |         |                            |
|              | Random Effects |         |                | 2,75068    | 17,2592                          | 40,9297 |         |         | 22,66544                   |

### Test of Homogeneity of Variances

TotalPhenols

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,007             | 2   | 6   | ,993 |

### ANOVA

TotalPhenols

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 136,192        | 2  | 68,096      | 682,857 | ,000 |
| Within Groups  | ,598           | 6  | ,100        |         |      |
| Total          | 136,790        | 8  |             |         |      |

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: TotalPhenols

|     | (I) Plot   | (J) Plot   | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|------------|------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |            |            |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -1,39333 <sup>*</sup> | ,25784     | ,002 | -2,0242                 | -,7624      |
|     |            | E100-PLOT3 | -8,86000 <sup>*</sup> | ,25784     | ,000 | -9,4909                 | -8,2291     |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | 1,39333 <sup>*</sup>  | ,25784     | ,002 | ,7624                   | 2,0242      |
|     |            | E100-PLOT3 | -7,46667 <sup>*</sup> | ,25784     | ,000 | -8,0976                 | -6,8358     |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | 8,86000 <sup>*</sup>  | ,25784     | ,000 | 8,2291                  | 9,4909      |
|     |            | E100-PLOT2 | 7,46667 <sup>*</sup>  | ,25784     | ,000 | 6,8358                  | 8,0976      |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| TotalPhenols        |            |   |                         |         |         |
|---------------------|------------|---|-------------------------|---------|---------|
|                     |            |   | Subset for alpha = 0.05 |         |         |
|                     | Plot       | N | 1                       | 2       | 3       |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3 | 25,6767                 |         |         |
|                     | E100-PLOT2 | 3 |                         | 27,0700 |         |
|                     | E100-PLOT3 | 3 |                         |         | 34,5367 |
|                     | Sig.       |   | 1,000                   | 1,000   | 1,000   |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Αντιοξειδωτική Ικανότητα

### Oneway

| Descriptives       |                |          |                |            |                                  |          |         |         |                            |
|--------------------|----------------|----------|----------------|------------|----------------------------------|----------|---------|---------|----------------------------|
| AntioxidantAbility |                |          |                |            |                                  |          |         |         |                            |
|                    | N              | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |          | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100               | 9              | 109,5333 | 18,94070       | 6,31357    | 94,9742                          | 124,0924 | 86,10   | 142,50  |                            |
| E50                | 9              | 232,2667 | 46,52994       | 15,50998   | 196,5006                         | 268,0327 | 174,90  | 306,30  |                            |
| E0                 | 9              | 157,9000 | 45,18786       | 15,06262   | 123,1655                         | 192,6345 | 107,40  | 225,60  |                            |
| Total              | 27             | 166,5667 | 63,64730       | 12,24893   | 141,3886                         | 191,7447 | 86,10   | 306,30  |                            |
| Model              | Fixed Effects  |          | 39,01165       | 7,50780    | 151,0713                         | 182,0620 |         |         |                            |
|                    | Random Effects |          |                | 35,69408   | 12,9875                          | 320,1459 |         |         | 3653,10009                 |

### Test of Homogeneity of Variances

AntioxidantAbility

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 4,807            | 2   | 24  | ,018 |

### ANOVA

AntioxidantAbility

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 68799,620      | 2  | 34399,810   | 22,603 | ,000 |
| Within Groups  | 36525,820      | 24 | 1521,909    |        |      |
| Total          | 105325,440     | 26 |             |        |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: AntioxidantAbility

|     | (I) Treatment | (J) Treatment | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |               |               |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100          | E50           | -122,73333*           | 18,39027   | ,000 | -160,6890               | -84,7777    |
|     |               | E0            | -48,36667*            | 18,39027   | ,015 | -86,3223                | -10,4110    |
|     | E50           | E100          | 122,73333*            | 18,39027   | ,000 | 84,7777                 | 160,6890    |
|     |               | E0            | 74,36667*             | 18,39027   | ,000 | 36,4110                 | 112,3223    |
|     | E0            | E100          | 48,36667*             | 18,39027   | ,015 | 10,4110                 | 86,3223     |
|     |               | E50           | -74,36667*            | 18,39027   | ,000 | -112,3223               | -36,4110    |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



## Homogeneous Subsets

| AntioxidantAbility  |           |                         |          |          |          |
|---------------------|-----------|-------------------------|----------|----------|----------|
|                     |           | Subset for alpha = 0,05 |          |          |          |
|                     | Treatment | N                       | 1        | 2        | 3        |
| Duncan <sup>a</sup> | E100      | 9                       | 109,5333 |          |          |
|                     | E0        | 9                       |          | 157,9000 |          |
|                     | E50       | 9                       |          |          | 232,2667 |
|                     | Sig.      |                         | 1,000    | 1,000    | 1,000    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

## Oneway-Treatment1

| Descriptives       |                |          |                |            |                                  |             |         |         |                            |
|--------------------|----------------|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|----------------------------|
| AntioxidantAbility |                |          |                |            |                                  |             |         |         |                            |
|                    | N              | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100-PLOT1         | 3              | 90,8000  | 4,39204        | 2,53574    | Lower Bound                      | Upper Bound |         |         |                            |
| E100-PLOT2         | 3              | 106,6000 | 7,20833        | 4,16173    |                                  |             |         |         |                            |
| E100-PLOT3         | 3              | 131,2000 | 10,96677       | 6,33167    |                                  |             |         |         |                            |
| Total              | 9              | 109,5333 | 18,94070       | 6,31357    |                                  |             |         |         |                            |
| Model              | Fixed Effects  |          | 7,98999        | 2,66333    | 103,0164                         | 116,0503    |         |         |                            |
|                    | Random Effects |          |                | 11,75434   | 58,9585                          | 160,1082    |         |         | 393,21333                  |

## Test of Homogeneity of Variances

| AntioxidantAbility |     |     |      |  |
|--------------------|-----|-----|------|--|
| Levene Statistic   | df1 | df2 | Sig. |  |
| ,798               | 2   | 6   | ,493 |  |

## ANOVA

| AntioxidantAbility |                |    |             |        |      |
|--------------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                    | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Between Groups     | 2486,960       | 2  | 1243,480    | 19,478 | ,002 |
| Within Groups      | 383,040        | 6  | 63,840      |        |      |
| Total              | 2870,000       | 8  |             |        |      |

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: AntioxidantAbility

|     |            |            | Mean<br>Difference (I-<br>J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|------------|------------|------------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     | (I) Plot   | (J) Plot   |                              |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -15,80000                    | 6,52380    | ,052 | -31,7632                | ,1632       |
|     |            | E100-PLOT3 | -40,40000*                   | 6,52380    | ,001 | -56,3632                | -24,4368    |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | 15,80000                     | 6,52380    | ,052 | -,1632                  | 31,7632     |
|     |            | E100-PLOT3 | -24,60000*                   | 6,52380    | ,009 | -40,5632                | -8,6368     |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | 40,40000*                    | 6,52380    | ,001 | 24,4368                 | 56,3632     |
|     |            | E100-PLOT2 | 24,60000*                    | 6,52380    | ,009 | 8,6368                  | 40,5632     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

### AntioxidantAbility

| Plot                | N          | Subset for alpha = 0.05 |          |
|---------------------|------------|-------------------------|----------|
|                     |            | 1                       | 2        |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3                       | 90,8000  |
|                     | E100-PLOT2 | 3                       | 106,6000 |
|                     | E100-PLOT3 | 3                       | 131,2000 |
|                     | Sig.       | ,052                    | 1,000    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Oneway-Treatment2

### Descriptives

| AntioxidantAbility |                | N | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
|--------------------|----------------|---|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|----------------------------|
|                    |                |   |          |                |            | Lower Bound                      | Upper Bound |         |         |                            |
| E100-PLOT1         |                | 3 | 187,0000 | 11,85791       | 6,84617    | 157,5433                         | 216,4567    | 174,90  | 198,60  |                            |
| E100-PLOT2         |                | 3 | 220,6000 | 11,65504       | 6,72904    | 191,6473                         | 249,5527    | 210,60  | 233,40  |                            |
| E100-PLOT3         |                | 3 | 289,2000 | 15,61442       | 9,01499    | 250,4116                         | 327,9884    | 275,70  | 306,30  |                            |
| Total              |                | 9 | 232,2667 | 46,52994       | 15,50998   | 196,5006                         | 268,0327    | 174,90  | 306,30  |                            |
| Model              | Fixed Effects  |   |          | 13,16890       | 4,38963    | 221,5256                         | 243,0077    |         |         |                            |
|                    | Random Effects |   |          |                | 30,07376   | 102,8697                         | 361,6636    |         |         | 2655,48667                 |

### Test of Homogeneity of Variances

AntioxidantAbility

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,247             | 2   | 6   | ,788 |

### ANOVA

AntioxidantAbility

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 16279,760      | 2  | 8139,880    | 46,937 | ,000 |
| Within Groups  | 1040,520       | 6  | 173,420     |        |      |
| Total          | 17320,280      | 8  |             |        |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: AntioxidantAbility

|          |            | Mean<br>Difference (I-<br>J) |                         |          | 95% Confidence Interval |             |          |
|----------|------------|------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------|----------|
| (I) Plot | (J) Plot   |                              | Std. Error              | Sig.     | Lower Bound             | Upper Bound |          |
| LSD      | E100-PLOT1 | E100-PLOT2                   | -33,60000 <sup>*</sup>  | 10,75236 | ,020                    | -59,9101    | -7,2899  |
|          |            | E100-PLOT3                   | -102,20000 <sup>*</sup> | 10,75236 | ,000                    | -128,5101   | -75,8899 |
|          | E100-PLOT2 | E100-PLOT1                   | 33,60000 <sup>*</sup>   | 10,75236 | ,020                    | 7,2899      | 59,9101  |
|          |            | E100-PLOT3                   | -68,60000 <sup>*</sup>  | 10,75236 | ,001                    | -94,9101    | -42,2899 |
|          | E100-PLOT3 | E100-PLOT1                   | 102,20000 <sup>*</sup>  | 10,75236 | ,000                    | 75,8899     | 128,5101 |
|          |            | E100-PLOT2                   | 68,60000 <sup>*</sup>   | 10,75236 | ,001                    | 42,2899     | 94,9101  |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Homogeneous Subsets

#### AntioxidantAbility

|                     | Plot       | N | Subset for alpha = 0.05 |          |          |
|---------------------|------------|---|-------------------------|----------|----------|
|                     |            |   | 1                       | 2        | 3        |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3 | 187,0000                |          |          |
|                     | E100-PLOT2 | 3 |                         | 220,6000 |          |
|                     | E100-PLOT3 | 3 |                         |          | 289,2000 |
|                     | Sig.       |   | 1,000                   | 1,000    | 1,000    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

## Oneway-Treatment3

### Descriptives

| AntioxidantAbility |                |          |                |            |                                  |          |         |         |                            |
|--------------------|----------------|----------|----------------|------------|----------------------------------|----------|---------|---------|----------------------------|
|                    | N              | Mean     | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |          | Minimum | Maximum | Between-Component Variance |
| E100-PLOT1         | 3              | 117,5000 | 9,76883        | 5,64004    | 93,2329                          | 141,7671 | 107,40  | 126,90  |                            |
| E100-PLOT2         | 3              | 140,5000 | 8,43366        | 4,86929    | 119,5491                         | 161,4509 | 130,80  | 146,10  |                            |
| E100-PLOT3         | 3              | 215,7000 | 9,35788        | 5,40278    | 192,4537                         | 238,9463 | 207,00  | 225,60  |                            |
| Total              | 9              | 157,9000 | 45,18786       | 15,06262   | 123,1655                         | 192,6345 | 107,40  | 225,60  |                            |
| Model              | Fixed Effects  |          | 9,20360        | 3,06793    | 150,3930                         | 165,4070 |         |         |                            |
|                    | Random Effects |          |                | 29,65288   | 30,3140                          | 285,4860 |         |         | 2609,64333                 |

### Test of Homogeneity of Variances

AntioxidantAbility

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| ,003             | 2   | 6   | ,997 |

### ANOVA

AntioxidantAbility

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 15827,280      | 2  | 7913,640    | 93,420 | ,000 |
| Within Groups  | 508,260        | 6  | 84,710      |        |      |
| Total          | 16335,540      | 8  |             |        |      |

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: AntioxidantAbility

|     | (I) Plot   | (J) Plot   | Mean Difference (I-J)  | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-----|------------|------------|------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|     |            |            |                        |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| LSD | E100-PLOT1 | E100-PLOT2 | -23,0000 <sup>*</sup>  | 7,51487    | ,022 | -41,3882                | -4,6118     |
|     |            | E100-PLOT3 | -98,20000 <sup>*</sup> | 7,51487    | ,000 | -116,5882               | -79,8118    |
|     | E100-PLOT2 | E100-PLOT1 | 23,00000 <sup>*</sup>  | 7,51487    | ,022 | 4,6118                  | 41,3882     |
|     |            | E100-PLOT3 | -75,20000 <sup>*</sup> | 7,51487    | ,000 | -93,5882                | -56,8118    |
|     | E100-PLOT3 | E100-PLOT1 | 98,20000 <sup>*</sup>  | 7,51487    | ,000 | 79,8118                 | 116,5882    |
|     |            | E100-PLOT2 | 75,20000 <sup>*</sup>  | 7,51487    | ,000 | 56,8118                 | 93,5882     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

| AntioxidantAbility  |            |   |                         |          |          |
|---------------------|------------|---|-------------------------|----------|----------|
|                     |            |   | Subset for alpha = 0.05 |          |          |
|                     | Plot       | N | 1                       | 2        | 3        |
| Duncan <sup>a</sup> | E100-PLOT1 | 3 | 117,5000                |          |          |
|                     | E100-PLOT2 | 3 |                         | 140,5000 |          |
|                     | E100-PLOT3 | 3 |                         |          | 215,7000 |
|                     | Sig.       |   | 1,000                   | 1,000    | 1,000    |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.